



Office of Energy Efficiency
Energy Innovators Initiative

Benchmarking Guide for School Facility Managers



Natural Resources
Canada

Office of Energy
Efficiency

Ressources naturelles
Canada

Office de l'efficacité
énergétique

Canada

Benchmarking Guide for School Facility Managers

Produced by the
Office of Energy Efficiency
Energy Innovators Initiative

The Energy Innovators Initiative encourages Canadian organizations in the commercial and institutional sectors to make energy efficiency investments throughout their operations in order to lower costs and reduce greenhouse gas emissions related to energy use. Visit our Web site at <http://oee.nrcan.gc.ca>.

Benchmarking Guide for School Facility Managers

Rev. ed.

Aussi disponible en français sous le titre :

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires

ISBN 0-662-30541-8

Cat. No. M92-221/2001E

© Her Majesty the Queen in Right of Canada, 2001

To receive additional copies of this publication, write to
Industrial, Commercial and Institutional Programs
Office of Energy Efficiency
Natural Resources Canada
580 Booth Street, 18th Floor
Ottawa ON K1A 0E4
Telephone: (613) 995-6950
Facsimile: (613) 947-4121

You can also view or order several of the Office of Energy Efficiency's
publications on-line. Visit our Energy Publications Virtual Library at
<http://energy-publications.nrcan.gc.ca>. The Office of Energy Efficiency's
Web site is at <http://oee.nrcan.gc.ca>.



Recycled paper



Printed in Canada

Table of Contents

Introduction	1
Section 1. Energy Use in Schools	1
1.1 Energy Consumption in Canadian Schools	1
Section 2. Benchmarking Energy Performance	2
2.1 Calculating the Benchmarks	3
2.1.1 School Board Benchmark Performance	3
2.1.2 Individual School Benchmark Performance	5
2.1.3 Similar School Benchmark Performance	5
2.2 Comparison with the <i>Model National Energy Code for Buildings</i> and the Commercial Building Incentive Program (CBIP)	6
Section 3. The Benchmark Results	6
3.1 School Board Energy Performance	7
3.2 Individual School Energy Performance	9
3.3 Similar School Energy Performance	12
3.4 Other Impact Variables Considered	14
3.5 Comparison with Commercial Building Incentive Program (CBIP) Requirements	15
Section 4. Step-by-Step Sample Benchmark Comparisons	15
Section 5. Calculating Greenhouse Gas (GHG) Emissions	18
Section 6. Conversion Factors, Energy Contents, GHG Emission Factors and Heating Degree-Days (HDD)	19
Section 7. Resources	23

The *Benchmarking Guide for School Facility Managers* is intended to help facility managers in the school sector calculate their schools' energy performance and compare it with benchmarks in the same region and across Canada. The objectives of the guide are to be an "eye opener" and to raise questions. Benchmarking can help facility managers gauge their schools' energy performance to identify opportunities for cost savings. By comparing their buildings' average intensities with other schools at the national and regional levels and with similar schools, facility managers can set targets for improved performance. Identifying and following through on opportunities to reduce energy consumption can save money and improve the environment.

This benchmarking guide is published in conjunction with the *Best Practices Guide for School Facility Managers*. The guides are part of the pilot benchmarking and best practices program undertaken by Natural Resources Canada's (NRCan's) Office of Energy Efficiency (OEE).

Section 1. Energy Use in Schools

Getting started involves finding out where energy is being used and determining the main areas that can be improved. In schools, energy is used to provide a comfortable and safe environment for educational, sporting and administrative activities, and for additional facilities (such as catering, laboratory equipment, swimming pools and gymnasiums). Heating and lighting are the main services but, depending on location, the school may also have some mechanical cooling or air-conditioning requirements. Heating is generally by a gas- or an oil-fired boiler. Some direct electric heating is also used where low-cost, renewable, electricity supplies are available (e.g. some areas of Quebec and almost all rural schools in Manitoba are electrically driven). Mechanical cooling is driven by electricity.

Fossil fuel for heating may be the largest element of the site's energy use and hence appears to be the largest on-site source of carbon dioxide (CO₂) emissions. However, when primary energy use (including power station conversion)

is calculated, air conditioning can produce the largest amount of CO₂ and can be a major cost. Keeping track of both systems should be a major objective of any comprehensive energy monitoring and tracking program. In schools with special equipment and facilities (e.g. swimming pools), energy costs and consumption should be separately monitored and tracked to keep costs within budgets.

1.1 Energy Consumption in Canadian Schools

There are approximately 15 000 schools in Canada administered by about 495 school boards. Energy consumption data have been analysed to prepare this benchmarking guide. Figure 1 and Table 1 show the energy use and costs data that were gathered during this first pilot program. About 1473 schools responded to the OEE's data collection process. The Agence de l'efficacité énergétique and Quebec's Ministère de l'Éducation provided additional data from 2770 schools in Quebec (see Section 7, Resources). Because fiscal years vary, the data are based on 1997-1999.

Figure 1. Energy Use Breakdown, Based on the Pilot Program

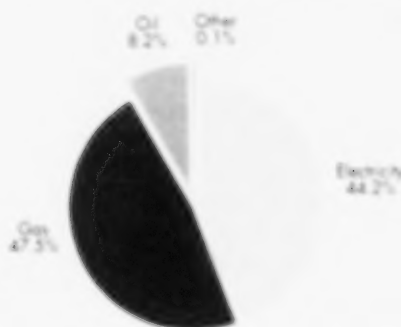


Table 1. Energy Use and Costs by Region, Collected in the Pilot Program

Region	Number of Schools in the Pilot Program	Area of Schools in the Pilot Program (in millions of m ²)	Energy Use Breakdown (percentages)				Total Energy Use (in millions of kWh/year)	Total Energy Cost (in millions of \$/year)
			Electricity	Gas	Oil	Other		
Yukon Territory, Northwest Territories	7	0.031	29.2	-	70.8	-	-	0.67
British Columbia	406	1.71	33.6	49.0	16.4	1.0	368	13.5
Alberta	371	1.76	31.1	46.9	-	-	360	14.8
Saskatchewan	90	0.36	22.9	77.1	-	-	127	3.2
Manitoba	113	0.51	32.4	57.8	8.8	1.0	123	5.3
Ontario	444	2.40	36.0	56.5	7.4	0.1	343	22.0
Quebec	2770	12.15	50.9	39.9	9.2	-	2451	123.4
Atlantic provinces	42	0.18	30.8	49.2	-	-	32	1.8
Total	4343	19.10					4064	194.9
					Electricity		1770	
					Gas		1900	
					Oil		330	
					Other		4	

Notes:

- kWh/year = equivalent kilowatt hours delivered energy per year.
- The "Other" category of Energy Use Breakdown includes liquefied petroleum gas (LPG) and solid fuels.
- Table 1 is not to be used for comparison purposes. School boards may not have provided complete information. Some school boards provided either energy consumption or costs, not necessarily both. Therefore, kWh for each region may be significantly different.
- The data are based on the period 1997-1998.

Section 2. Benchmarking Energy Performance

Information on energy performance provides the basis for monitoring and tracking energy use. Regular collection of basic data can help evaluate performance and pinpoint potential savings. Patterns or trends in fuel use can be identified by benchmarking data against similar schools, regionally and nationally, and by comparing results on a yearly basis.

Benchmarks provide representative data. A school can compare its performance with national figures of annual energy use, or costs per square metre of floor area or per student. This way, school facility managers can see the potential benefits of achieving "best practice."

Performance can vary from the benchmarks, depending on impact variables (or influencing factors). A limited amount of data was obtained in this pilot program, so some impact variables were not considered. Influencing factors considered in this Guide include the following:

- **Location** – Benchmark data are expressed by geographic region. Location can affect energy performance because different regions may use different sources of energy or have different rates for energy costs.

- **Climate** – Each location has heating and cooling degree-days. They reflect the total number of degrees for equivalent days in a given period for which heating and/or cooling are needed to achieve standard indoor conditions at a specified location. They provide a basis for comparing different climatic regions in terms of energy use per heating and/or cooling degree-days. Heating degree-day (HDD) measures the amount of heating energy required during the heating season; it is measured by the difference between the base temperature of 18°C and the mean temperature for the day.

To account for HDD, energy consumption was normalized using the methodology provided by the Agence de l'efficacité énergétique and Québec's Ministère de l'Éducation. The average HDD for the past 30 years and for the specific year were obtained from Environment Canada to normalize the data (see Section 7 for reference). Following is the formula used to normalize for HDD:

$$E_n = E_a \times [(0.3 + 0.7 \text{ (HDD}_{30}/\text{HDD}_a)]$$

Where,

E_n = normalized annual consumption for a year

E_a = actual annual consumption for a year

HDD_{30} = 30-year annual average heating degree-days (based on 18°C)

HDD_a = actual annual average heating degree-days (based on 18°C)

- **Occupancy** – Intensity data are based on equivalent student numbers, which include full- and part-time students. The equivalent number of students is important in schools that offer night classes or curricula at other times because part-time students are an indicator of longer operating hours. Occupancy is one way to account for the impact of these hours.
- **Building age** – Benchmark data are available for cities with buildings in three age categories: more than 25 years, 10 to 25 years, and less than 10 years.

In addition to impact variables, this Guide includes benchmarks for various levels within the school board sector. Facility managers can compare energy performance with other school boards, within their own school board, or with similar schools in other school boards. This may help

determine whether to pursue energy efficiency actions at a school board or within an individual school. Levels within the sector include the following:

- **School boards** – Energy consumption intensities of school boards can be compared to national and regional averages. Similarly, cost intensities are provided as an example. The impact variables considered are energy consumption and costs, HDD, floor area, number of students and geographic region.
- **Individual schools** – Energy consumption intensities for individual schools can also be compared to national and regional averages. Likewise, the variables considered for individual schools are energy consumption and costs, HDD, area, students and geographic region. Originally, individual schools were placed into categories: elementary, high school and other. But the results did not show significant differences. Therefore, in this Guide the three types of schools are grouped as a single school.
- **Similar schools** – The third level of benchmarking is comparison with similar schools. A school can be compared with schools that have similar HDD and building age, as well as whether they use air conditioning or not.

The results of the first pilot national survey of benchmark performance are shown in Section 5.

2.1 Calculating the Benchmarks

Calculating your school board's energy benchmark involves collecting data on occupancy, annual energy use, climatic variations and physical characteristics of the site. The following sections describe the procedures for benchmarking a school board's energy consumption and cost intensities.

2.1.1 School Board Benchmark Performance

To calculate your school board's benchmark and to compare it with the data in this Guide, follow these steps:

1. Collect information on the total floor area(s) in square metres (m²) that is/are serviced – i.e. heated and/or cooled.
2. Determine the total number of students in the school board.

3. Collate meter readings or utility bills to derive the annual costs and energy consumption of fossil fuel and electricity for all the schools in the school board.
4. Convert consumption data to common energy units – equivalent kilowatt hours (kWh) – and derive the total consumption. (See Section 6 for information on conversion factors and where you can obtain every help for conversions.)
5. Obtain the average annual HED for the past 30 years and annual HED data for the specific year for your region.
6. Normalize the energy consumption for HED, using the equation provided on page 3.
7. Calculate the overall benchmark performances for the actual and normalized energy intensities – in kWh/m², kWh/student, \$/m², \$/student. Then compare your results with the benchmark data in Figures 4 and 5 and Tables 2 and 3 (found in Section 3).

This gives you the overall benchmark performance for your school board. A template to help you calculate the benchmarks is provided in Figure 2.

Costs and emissions comparisons are provided only to give an indication. As you will see in the benchmark results in Section 3, costs and student comparisons show significant variations due to many factors, including differences in unit cost of energy.

Figure 2. Template for Calculating School Board's Benchmarks

Step	Value
1. Total floor area of the school board (m ²)	
2. Total number of students in the school board	
3. Annual energy consumption and cost	
- Electricity	kWh
- Natural Gas	m ³
- Oil	L
- Other (specify)	
- Total	
4. Heating degree days (HDD) and region	
- Location/Region	
- HDD 30-year average	
- HDD for the specific year	
(See Environment Canada website details in Section 7)	
5. Normalize energy consumption for HDD	
$E_n = E_a \times [(3.3 \div 0.7) (HDD_{30} / HDD_y)]$	
6. Benchmark performances	
- Actual kWh/m ²	
- Actual kWh/student	
- Actual \$/m ²	
- Actual \$/student	
- Normalized kWh/m ²	
- Normalized kWh/student	
7. Using Figures 4 and 5 and Tables 2 and 3, compare the performances to the national and regional averages	

2.1.2 Individual School Benchmark Performance

You can compare individual schools by following an almost identical method to the one that you used for school boards (discussed above). Follow all of the steps for school boards, using Figure 3 as a template to gather the necessary information and make the appropriate calculations.

Once again, use costs and student comparisons only as examples of benchmarks. (Student comparisons may vary due to several different factors, some of which were previously mentioned.)

2.1.3 Similar School Benchmark Performance

The third level of benchmarking in this guide is comparison with similar schools. The impact variables considered are climate (HDD), age of school, location of school and air conditioning.

Figure 3 can also be used to summarize the data in order to compare your findings to the benchmark results in Section 3.

Figure 3. Template for Calculating Individual and Similar School Benchmarks

Data		Values			
		Units kBtu /yr or /h	Value	idHDD	5
1. Total floor area of the school (m ²)					
2. Total number of students in the school					
3. Annual energy consumption and cost					
- Electricity					
- Natural Gas					
- Oil					
- Other (specify)					
- Total					
4. Heating degree days (HDD) and region					
- Location/Region					
- HDD 30-year average					
- HDD for the specific year					
(See Environment Canada website details in Section 7)					
5. Normalized energy consumption by HDD					
$E_n = E_s \div [(1.2 \div 0.7) \text{HDD}_{30} / \text{HDD}_y]$					
6. Benchmark performance					
- Actual idHDD/m ²					
- Actual idHDD/student					
- Actual E _n /m ²					
- Actual E _n /student					
- Normalized idHDD/m ²					
- Normalized idHDD/student					
7. Using Figures 4 and 7 and Tables 4 and 5, compare the performance to the national and regional averages					
Comparison with Similar Schools (Section 3.1.3)					
8. Age of school (0-10 years, 10-20 years, >20 years)					
9. Air conditioning (yes or no)					
10. Using the figures in Section 3.2, compare the performance to the national and regional averages					

2.2 Comparison with the *Model National Energy Code for Buildings* and the Commercial Building Incentive Program (CBIP)

Another useful type of benchmarking that schools can undertake is comparison with the requirements of the *Model National Energy Code for Buildings* (MNECB) and the Commercial Building Incentive Program (CBIP). Although not in the scope of this benchmarking program, this type of comparison is noteworthy.

The OEE uses the MNECB as the basis for comparison under CBIP. The MNECB sets minimum standards for building components and features that affect energy efficiency in buildings. One main CBIP requirement is that a building's energy use be at least 25 percent lower than that of a similar structure built to the MNECB's standards. The MNECB helps designers introduce energy-efficient buildings that minimize air-conditioning and heating bills. It considers climate, fuel types and costs, and regional construction costs to calculate minimum standards. The MNECB also addresses thermal resistance; lighting efficiency; heating, ventilating and air conditioning (HVAC); service water use; and general electrical consumption.

Energy-using buildings and equipment in schools are generally designed according to the standards of performance set by the American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). Facility managers can refer to ASHRAE codes for further advice on energy performance and the design of improvement measures. For more information on how to compare your facilities with CBIP's requirements, see Section 7, Resources.

Section 3. The Benchmark Results

In this pilot benchmarking pilot program, 1997–1999 data from 112 school boards and 4243 schools have been analysed to derive national and regional patterns. Because the amount of data is limited, the benchmarking approach described below was taken.

The patterns are illustrated in various x - y (scatter) graphs and summarized tables. A graphical representation of the data is provided using trend lines. These trend lines were analysed using a statistical technique called regression analysis. R-squared (R^2) values, or the proportion of the variance in y caused by the variance in x , are also provided. They show if there is a relationship among the various impact variables, such as area, HDD and students. The closer the value (or R^2) is to 1, the stronger the relationship.

The basic data in this Guide are presented without attribution (which is normal for such an exercise). The following analysis is based on a limited sample of data from school boards that responded to a questionnaire conducted by the OEE, or obtained from the Agence de l'efficacité énergétique and Quebec's Ministère de l'Éducation. In some cases, the data were incomplete and/or only historic information was available. There was also a significant discrepancy among regions related to the level of coverage. **Therefore, the results should be regarded as a preliminary view of benchmark performance for the Canadian school sector.**

An indication of savings may stimulate further detailed analysis on-site. Standards will steadily improve as further measures are implemented. The level of "good" and "best practice" performance should be lower in subsequent surveys.

Schools can use this benchmark data to determine how their energy performance compares. Schools with energy performance at or below the average – either below the regression line or the average equation (i.e. ekWh/m^2) – could be showing "good practice." Those with performance 25 percent or more below average could fall under the "best practice" category.

By using trend lines, schools can calculate "average" performance for their site or student numbers and then compare it with their current energy use.

The difference between "good" and "best" practice gives a global indication of potential savings for the site.

3.1 School Board Energy Performance

Data from school boards that submitted enough information were analysed to determine the relationships among different impact variables, including the following:

- climate (HDD);
- region;
- energy consumption and cost;
- floor area; and
- number of students.

These variables were used on a national level and by each geographic region. Thus the following benchmarks for the school boards were set (using x-y graphs):

- ekWh vs. area (m^2) for both actual and normalized annual energy consumption;
- ekWh vs. number of students for both actual and normalized annual energy consumption;
- actual annual energy costs (\$) vs. area (m^2); and
- actual annual energy costs (\$) vs. number of students.

Note: All information is based on annual data.

The following figures and table show the results of the benchmark analysis.

Figure 4. Normalized Annual Energy Consumption vs. Area for School Boards

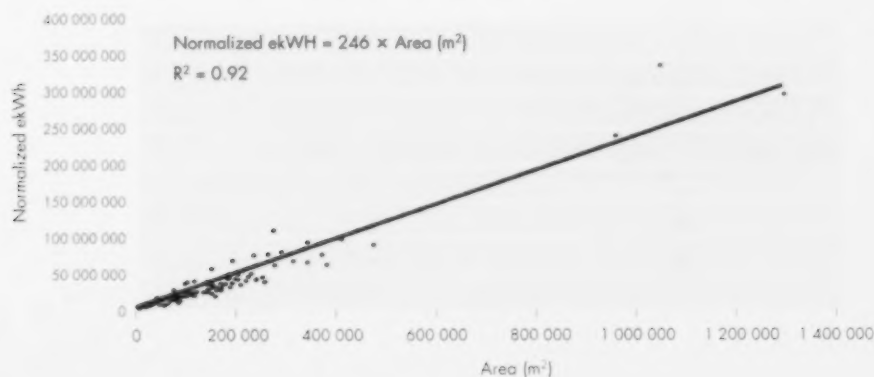


Figure 5. Actual Annual Energy Cost vs. Area for School Boards

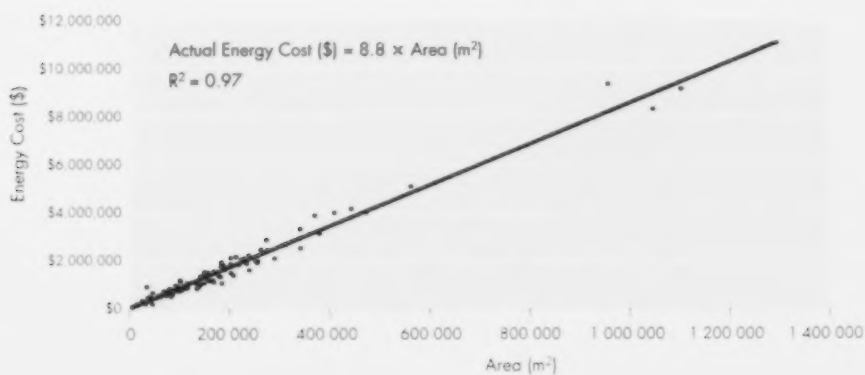


Table 2. Summary of School Boards' Annual Energy Consumption Benchmarks, Categorized by Region

Region	Area			Students		
	Number of School Boards in Analysis	Actual Average kWh/m ²	Normalized Average kWh/m ²	Number of School Boards in Analysis	Actual Average kWh/Student	Normalized Average kWh/Student
National	109	242	246	103	3116	3170
British Columbia	11	240	260	11	2511	2815
Alberta	11	328	327	10	4340	4344
Saskatchewan	6	383	397	4	3650	3674
Manitoba	7	293	303	6	3990	3877
Ontario	7	255	253	6	3523	3506
Quebec	65	214	217	65	2684	2727
Atlantic provinces	2	171	167	1	1840	1727
Yukon Territory, Nunavut, Northwest Territories	0	-	-	0	-	-

Table 3. Summary of School Boards' Annual Energy Cost Benchmarks, Categorized by Region

Region	Area		Students	
	Number of School Boards in Analysis	Actual Average \$/m ²	Number of School Boards in Analysis	Actual Average \$/Student
National	112	8.8	105	116.6
British Columbia	11	7.6	11	82.3
Alberta	11	8.2	10	108.0
Saskatchewan	6	10.4	4	143.8
Manitoba	8	9.5	7	121.8
Ontario	8	9.2	6	107.6
Quebec	65	8.8	65	134.6
Atlantic provinces	2	9.9	1	58.4
Yukon Territory, Nunavut, Northwest Territories	1	27.7	1	482.4

Note:

- The cost benchmarks are provided only as an illustration and, therefore, should be used with caution. Unit costs from region to region and from school board to school board can vary significantly, which can dramatically influence the cost benchmarks.

Results and Observations

The data from school boards were used to determine the average consumption and cost intensities for use as reference points. The data were normalized to take HDD into account. For each school board, consumption and costs were plotted against area and number of students to determine whether a relationship existed. Figures 4 and 5 and Tables 2 and 3 represent the energy intensity results for consumption and costs. It is clear from the regression analysis that a correlation exists between consumption and area or students.

Normalized and actual intensities – The difference between the national normalized ekWh/m^2 and actual ekWh/m^2 was almost 2 percent. However, the difference in some provinces was higher; British Columbia's normalized intensity was 8.3 percent higher than the actual. Clearly, climate impacts energy performance.

ekWh/m^2 – Area had a strong relationship with consumption, with a national R^2 value of 0.92. The lowest correlation was for Manitoba, which had an R^2 value of 0.85. The Prairie provinces appeared to consume more energy per square metre than other provinces, especially Quebec and British Columbia. The Prairie provinces also seemed to consume more than the national average. However, since Quebec was heavily represented in the survey and had the lowest consumption per square metre, it may be skewing the national average. It is interesting to note that as school board size increases, intensities show greater variation. Therefore, school boards with smaller areas tend to consume similar amounts of energy per square metre.

$\$/\text{m}^2$ – Cost also seemed to be affected by the size of the school board, with a national R^2 value of 0.97 indicating a very strong relationship. All provinces incurred similar costs per square metre, which is somewhat surprising since these costs should vary among regions. Based on the normalized cost performances, Saskatchewan paid slightly more (about 18 percent) per square metre than the national average. British Columbia had the lowest cost intensity. The territories had by far the highest cost per square metre, but this could be due to their low survey response rate. What is surprising is the trend for the cost per square metre to increase as the area of the school board increases.

ekWh/student – A correlation between consumption and students, although less obvious, also existed. Except for Saskatchewan, all R^2 values were over 0.75. School boards with more than 15 000 students seemed to have more variations in energy intensities. As the number of students increased in a school board, the relationship between consumption and students weakened. Provincial averages varied significantly. This may suggest that the methodology used for reporting the number of students varied from province to province. The Atlantic provinces had a notably lower average, which is likely due to their low survey response rate.

$\$/\text{student}$ – Although somewhat surprising, a fairly strong relationship existed between cost of energy and students, which does not account for regional differences in unit prices for different school boards. R^2 values were greater than 0.6. Similar to the consumption-per-student results, the cost per student increased as the number of students within the school board increased. The average costs per student did vary from region to region, with the British Columbia average about 29 percent lower than the national average and the Saskatchewan average 23 percent higher. The territories and the Atlantic provinces had drastically lower averages, but fewer school boards responded to the survey.

3.2 Individual School Energy Performance

Relevant data were collected for individual schools in an effort to determine benchmark performance for each school. Data from about 3500 schools were used to determine the relationships among different impact variables and to set relevant benchmarks. The approach taken to benchmark school energy performance was similar to that for school boards. The following figures and tables provide the benchmark results.

Although benchmarks or averages considering students are provided in this Guide, they are included only as reference points and, therefore, should be used with caution.

Figure 6. Normalized Annual Energy Consumption vs. Area for Schools

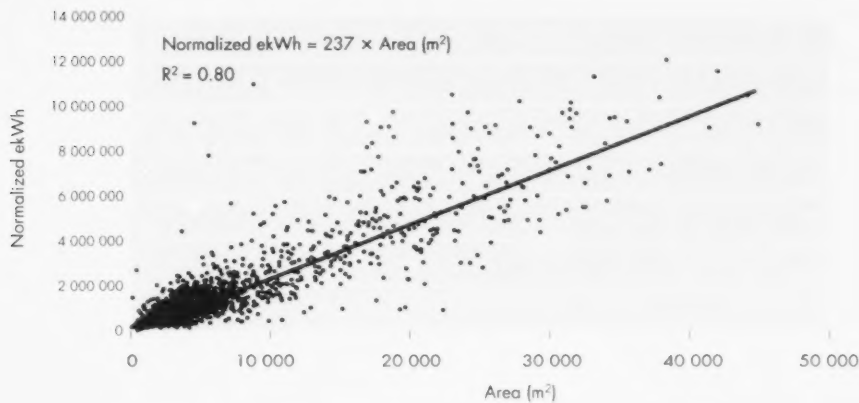


Figure 7. Actual Annual Energy Costs vs. Area for Schools

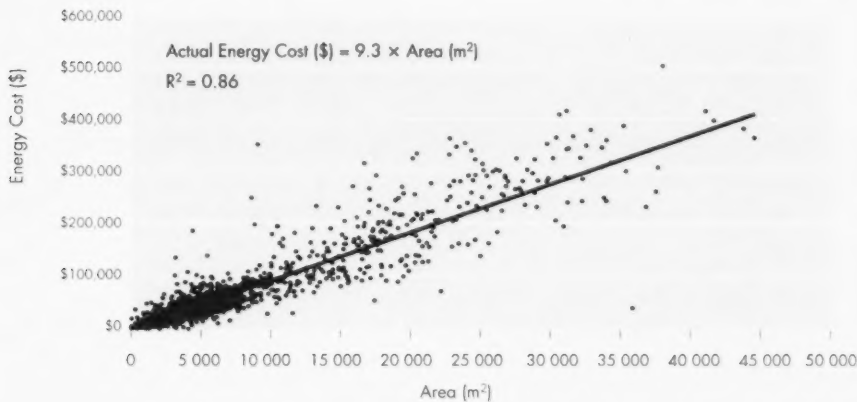


Table 4. Summary of Schools' Annual Energy Consumption Intensities, Categorized by Region

Region	Area			Students		
	Number of Schools in Analysis	Actual Average ekWh/m ²	Normalized Average ekWh/m ²	Number of Schools in Analysis	Actual Average ekWh/Student	Normalized Average ekWh/Student
National	3307	232	237	3221	3042	3095
British Columbia	330	202	217	334	2140	2300
Alberta	323	313	317	322	3988	4043
Saskatchewan	79	384	399	22	2732	2779
Manitoba	69	314	345	68	3882	3877
Ontario	205	259	258	180	3260	3237
Quebec	2259	222	226	2253	3052	3098
Atlantic provinces	42	173	162	42	1828	1716
Yukon Territory, Nunavut, Northwest Territories	0	—	—	0	—	—

Table 5. Summary of Schools' Annual Energy Cost Intensities, Categorized by Region

Region	Area		Students	
	Number of Schools in Analysis	Actual Average \$/m ²	Number of Schools in Analysis	Actual Average \$/Student
National	3486	9.3	3401	122
British Columbia	334	7.1	333	84
Alberta	323	8.6	322	111
Saskatchewan	79	9.7	22	89
Manitoba	69	10.7	68	129
Ontario	373	9.1	348	108
Quebec	2259	9.4	2259	132
Atlantic provinces	42	9.6	42	101
Yukon Territory, Nunavut, Northwest Territories	7	30.5	7	450

Results and Observations

Like the school boards, energy consumption and costs for individual schools were plotted against area and number of students to determine whether a relationship existed. The benchmark results are depicted in Figures 6 and 7 and Tables 4 and 5.

Normalized and actual intensities – The difference between the national normalized ekWh/m^2 and actual ekWh/m^2 was about 2 percent. However, the difference in some provinces was higher, with British Columbia's normalized intensity being 7.4 percent higher than its actual intensity.

ekWh/m^2 – With an R^2 value of 0.8, a significant relationship existed between consumption and area for schools. Regardless of size, the energy intensities for individual schools varied significantly. The performances for Alberta, Saskatchewan and Manitoba were noticeably above the national average. Quebec, British Columbia and the Atlantic provinces had the lowest averages, which could indicate that the schools in these regions were more energy efficient than those in other regions. However, the low average in the Atlantic provinces could be attributed to the low number of data points; in British Columbia, the R^2 value was 0.48, which suggests a lower degree of correlation between energy and area. The variance was greater for schools larger than 8500 m^2 , as seen in Figure 6. In some cases, several schools with an area of 8500 m^2 had performances much lower than the average. This may suggest that these schools are considerably more efficient than the others; perhaps they have implemented a "best

practices" program. However, in other cases, numerous schools had averages that were much higher than the national average. This may be due to either inefficient practices or uncommon services such as swimming pools.

$\$/\text{m}^2$ – Energy costs had a stronger relationship with area, with an R^2 of 0.86 for the national cost performance. Although weak in some provinces, such as British Columbia ($R^2 = 0.58$) and Ontario ($R^2 = 0.64$), the relationship was high enough to conclude that area is an impact variable. Some degree of variance existed among the costs in different provinces. The territories, Saskatchewan and Manitoba had the highest cost per square metre, while British Columbia had the lowest. The variations were expected, as different regions have different rates for energy consumption. Only the territories had a drastically different average from the national average. The cost per square metre for the territories was much higher than in other regions. But this would not affect the national average because there was a minimal number of schools from the territories in the analysis. The relationship between cost and area ($R^2 = 0.86$) for national intensity was slightly higher than for consumption and area ($R^2 = 0.80$), which could suggest that there is a more consistent unit of cost – compared to consumption – across Canada per square metre.

ekWh/student and $\$/\text{student}$ – A weak relationship also existed between consumption and costs, and size of school. Because the national R^2 values for consumption and costs were 0.9 and 0.6 respectively, it can be concluded that students can also be an impact variable. However, a great

degree of variance exists among the provinces. The consumption relationship was the weakest in Saskatchewan, which had an R^2 value of 0.36. The relationship was significantly stronger in other regions, with one R^2 value as high as 0.95. As for the impact of students on costs, there were greater variations in R^2 values for each province. Most of the R^2 values were below 0.65. This may suggest that either the impact of students on costs is less or different methods determine student counts.

3.3 Similar School Energy Performance

To help schools compare their performance with other sites with similar characteristics, the national survey data were analysed further. It considered the effects of other variables – including climate, type of operations at the schools, and number and age of buildings – to determine which variables influenced energy use significantly.

It should be noted that original research included more variables related to grouping similar schools. However, due to the lack of data, no concise conclusions could be made. Therefore, many impact variables were either ignored or mentioned as sub-variables (see Section 3.4).

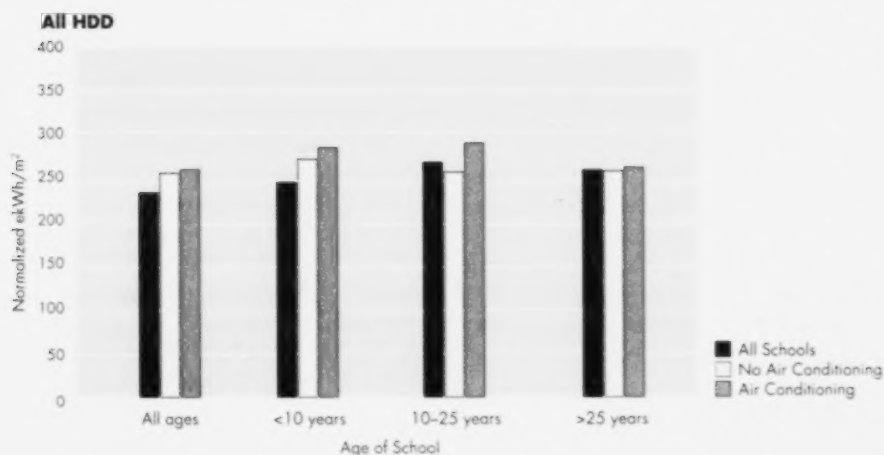
Based on the data collected, three variables were considered for comparing energy performances with similar schools: HDD, age of school and the presence/use of air conditioning in the school. The type of school (e.g. elementary or secondary) was not considered because the national energy intensities did not show significant deviation (as shown in the previous section).

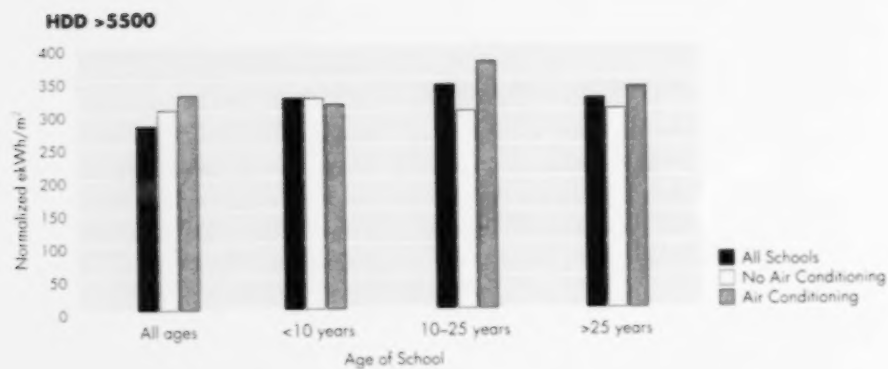
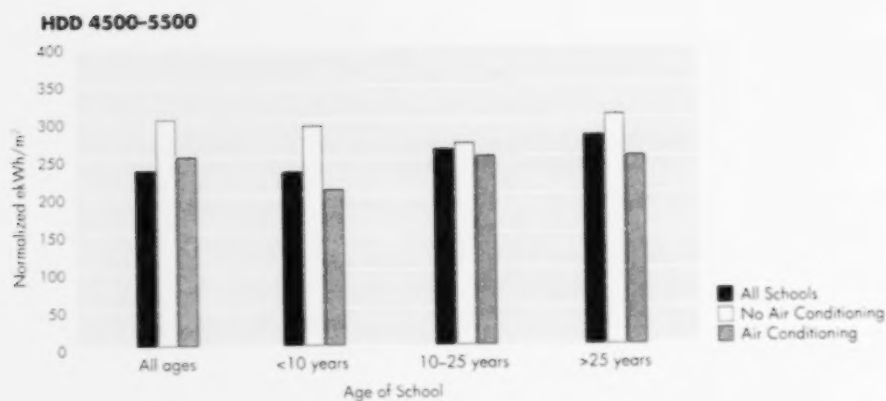
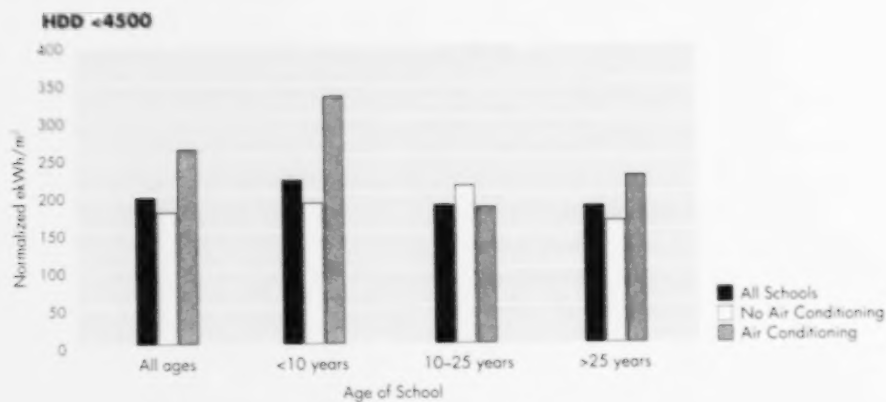
The results are presented in the next four graphs. The age of the schools is broken into four categories:

- all ages (which includes data – regardless of age – from all schools, including those in Quebec);
- ages less than 10 years;
- ages from 10 to 25 years; and
- ages greater than 25 years.

The data from Quebec were not considered to calculate the averages for the individual age groups. For each HDD range and age of school category, the average performances are presented for

- all schools, whether they have air conditioning or not;
- schools with air conditioning; and
- schools without air conditioning.





Notes:

- "All Schools" includes schools that did not identify whether they operated air-conditioning units and includes data from Quebec.
- The data from Quebec are excluded from the age sub-group analysis.

Results and Observations

A comprehensive analysis was not possible with the limited amount of data on certain variables. Therefore, the following conclusions should be regarded only as examples. The previous graphs show the results of the energy intensity performances for the various groups that are considered similar schools.

Despite the limited data, some preliminary observations were made, including the following:

- As HDD increased, the average energy intensities (ckWh/m^2) increased from 195 for HDD <4500 to 270 for HDD >5500. This may suggest that cooler regions require more heating, which would increase consumption.
- The highest intensity of 374 ckWh/m^2 was yielded in the 10–25 years age group for HDD >5500.
- Clearly, schools with air conditioning consumed higher energy than those without, except in the case of HDD from 4500 to 5500. The intensities of schools with air conditioning were from 1.5 percent to 43 percent higher than those without air conditioning. The few cases where the intensities of schools with air conditioning is lower may suggest that these schools are more efficient.
- For all HDD groups, the normalized intensity was highest in the 10–25 age category. This may suggest that older schools (>25 years) may have been retrofitted as a result of aging equipment and systems. By doing this, the schools could have increased their energy efficiency.

3.4 Other Impact Variables Considered

As part of the analysis, several other impact variables were considered, including use of air conditioning, central ventilation, portable buildings and operating hours. Due to the lack of data, the impact variables were not included in the comparison with similar schools.

Computers

Over the past 10 years, computer use in schools has dramatically increased. This has resulted in an increase in energy consumption and costs. The number of computers at a school can range from 10 to 100. Each computer can consume 29–120 W and cost between \$10 and \$30 per year. Therefore, computer use can increase a school's consumption and costs by 5 percent.

Air Conditioning

The use of air conditioning varied in schools across Canada. Most new schools operated central air-conditioning systems. On the other hand, the majority of the older schools did not have air conditioning. From the data, it is estimated that an average school with an air-conditioning system can consume 15 percent or 10–40 kWh/m^2 more energy than those without. It can cost the school \$1.30–\$2.50/ m^2 to operate these units.

Central Ventilation

Most schools had some form of ventilation system. However, while most new schools had central ventilation systems, many of the older schools did not. It was shown that central ventilation could increase energy use by up to 30 percent or 20 kWh/m^2 .

Portable Buildings

Portable classrooms can have lower thermal efficiency than permanent structures and need more heating energy. Low thermal mass can also increase heat gains in summer, making air conditioning necessary. Energy consumption per unit area, particularly electricity, may be up to 20 percent greater for sites with portable buildings. Heating systems with rooftop-mounted gas-fired units or direct electricity and cooling by direct expansion units have basic controls only. In such buildings, actual use should be identified and a careful monitoring and tracking system instituted. Controllers that can be programmed for heating and/or cooling systems may be a worthwhile investment.

Swimming Pools

Finally, the impact of swimming pools in the schools' energy consumption was also considered. A marginal number of schools had swimming pools, so the benchmark comparison for similar schools was not sorted into those with pools and those without. Instead, the impact of pools was analysed. Based on the limited number of data, it is suggested that schools with swimming pools could consume 15–25 percent more energy than those without pools.

3.5 Comparison with Commercial Building Incentive Program (CBIP) Requirements

Schools can use the CBIP requirements to benchmark their existing energy performance against reference examples for their region. As mentioned in Section 2.2, one key CBIP requirement is that a building's energy use must be at least 25 percent lower than that of a similar structure built to the MNECB's standards. This amount of energy use should provide an overall level of savings potential. For more information on the procedures for benchmarking against CBIP requirements, see the contact details in Section 7.

Section 4. Step-by-Step Sample Benchmark Comparisons

The following section is a step-by-step example showing how to use this guide to compare average intensities for a sample school board (School Board A) and an individual school (Secondary School B). Their characteristics are summarized in Figures 8 and 9, which use the templates from Figures 2 and 3. Observations are provided to give the type of analysis and the conclusions that can be made as a result of the comparison.

Figure 8. Profile of School Board A

Step	Value			
1. Total floor area of the school board (m ²)	200 000			
2. Total number of students in the school board	20 000			
3. Annual energy consumption and cost	Units	Value	ekWh	\$
- Electricity	kWh	20 000 000	20 000 000	\$1,500,000
- Natural Gas	m ³	2 500 000	25 833 000	\$460,000
- Oil	L			
- Other (specify)				
- Total			45 833 000	\$1,960,000
4. Heating degree-days (HDD) and region				
- Location/Region	Ontario			
- HDD 30-year average	4174			
- HDD for the specific year	4025			
(See Environment Canada contact details in Section 7)				
5. Normalize energy consumption for HDD				
$E_n = E_a \times [0.3 + 0.7 (HDD_{30}/HDD_y)]$	47 020 672			
6. Benchmark performances				
- Actual ekWh/m ²	229			
- Actual ekWh/student	2291			
- Actual \$/m ²	9.8			
- Actual \$/student	98			
- Normalized ekWh/m ²	235			
- Normalized ekWh/student	2351			
7. Using Figures 4 and 5 and Tables 2 and 3, compare the performances to the national and regional averages.				

Figure 9. Profile of Secondary School B

Step	Value			
1. Total floor area of the school (m ²)	14 000			
2. Total number of students in the school	700			
3. Annual energy consumption and cost	Units	Value	ekWh	\$
- Electricity	kWh	1 300 000	1 300 000	\$95 000
- Natural Gas	m ³	115 000	1 188 333	\$23 000
- Oil	L			
- Other (specify)				
Total			2 488 333	\$118 000
4. Heating degree-days (HDD) and region				
- Location/Region	Ontario			
- HDD 30-year average	4174			
- HDD for the specific year	4025			
(See Environment Canada contact details in Section 7)				
5. Normalize energy consumption for HDD				
$E_n = E_s \cdot 3 [0.3 + 0.7 (HDD_{30}/HDD_s)]$	2 552 813			
6. Benchmark performances				
- Actual ekWh/m ²	178			
- Actual ekWh/student	3555			
- Actual \$/m ²	8.4			
- Actual \$/student	168			
- Normalized ekWh/m ²	182			
- Normalized ekWh/student	3647			
7. Using Figures 6 and 7 and Table 4 and 5, compare performances to the national and regional averages.				
Comparison with Similar Schools (Section 2.1.3)				
8. Age of school (<10 years, 10-25 years, >25 years)	8 years			
9. Air conditioning (yes or no)	No			
10. Using the figures in Section 3.3, compare the performances to the national and regional averages.				

School Board Benchmarks – Average Performance

Intensity	Reference	Benchmark Average	School Board A Average	Difference (%)
National				
Normalized ekWh/m ²	Figure 4	246	235	-4.5
Normalized ekWh/student	Table 2	3170	2351	-25.8
Actual \$/m ²	Figure 5	8.8	9.8	+11.4
Actual \$/student	Table 3	116.6	98	-15.0
Regional – Ontario				
Normalized ekWh/m ²	Table 2	253	235	-7.1
Normalized ekWh/student	Table 2	3506	2351	-32.9
Actual \$/m ²	Table 3	9.2	9.8	+6.5
Actual \$/student	Table 3	107.6	98	-8.9

Observations

School Board A's energy intensities – with area as the key impact variable – are lower than the national and Ontario averages. This may suggest that School Board A is more efficient than the national and provincial average school boards. When students are considered, School Board A's intensities are more than 25 percent lower than the national and regional averages.

This may mean that there is a higher density of students in a given location than in other school boards, nationally and regionally. The cost intensity (\$/m²) was 11.4 percent higher than the national average, whereas it is relatively the same as the Ontario average. On the other hand, the cost per student intensity is 15 percent lower than the averages.

Individual School Benchmarks – Average Performances

Intensity	Reference	Benchmark Average	School B Average	Difference (%)
National				
Normalized kWh/m ²	Figure 6	237	178	-24.9
Normalized kWh/student	Table 4	2095	3555	+16.9
Actual \$/m ²	Figure 7	9.3	8.4	-9.7
Actual \$/student	Table 5	122	168	+37.7
Regional – Ontario				
Normalized kWh/m ²	Table 4	258	178	-31.0
Normalized kWh/student	Table 4	3237	3555	+9.8
Actual \$/m ²	Table 5	9.1	8.4	-7.7
Actual \$/student	Table 5	108	168	+35.5
Similar Schools				
Normalized kWh/m ² for:	Section 3.3	187	178	-4.8
• HDD <4500 • Ages <10 years • No air conditioning				

Observations

Secondary School B's energy consumption and cost intensities are significantly lower than the national and regional averages or benchmarks, with differences of about 25 percent. Furthermore, Secondary School B's consumption intensity is 4.8 percent lower than that of other similar schools (i.e. with HDD <4500, age group of less

than 10 years, and no air conditioning). It is highly likely that this school is energy efficient and perhaps incorporating "best practices." However, this does not suggest that there are no opportunities for energy efficiency projects at Secondary School B.

Section 5. Calculating Greenhouse Gas (GHG) Emissions

School boards are actively engaged in the national challenge of reducing CO₂ emissions. As well, individual sites are registering with Canada's Climate Change Voluntary Challenge and Registry Inc. (VCR Inc.) to record CO₂ emissions reductions. Involvement in this national challenge can have strong motivational and educational benefits. Sites wishing to demonstrate commitment to the national targets can convert their benchmark data into equivalent CO₂ emissions and see how they relate to the national picture, using appropriate conversion factors.

Standard conversion and emission factors are available from the fuel suppliers or other reference sources, including VCR Inc.'s *Registration Guide 1999*. Electric utilities that burn a mix of fossil fuels generally provide annual conversion factors for the particular fuel mix used in their generated electricity. School boards' and individual schools' performance can be measured as CO₂ emissions through a monitoring and tracking system that uses standard conversion factors for fossil fuels and an annual correction factor for electricity.

To calculate GHG emissions, use the following formulae:

Fossil Fuels:

$$eCO_2 = CO_2 + CH_4 + N_2O$$

Where,

$$CO_2 = \text{Fuel Consumption} \times \text{EF}$$

$$CH_4 = \text{Fuel Consumption} \times \text{EF for } CH_4 \times \text{GWP for } CH_4$$

$$N_2O = \text{Fuel Consumption} \times \text{EF for } N_2O \times \text{GWP for } N_2O$$

Electricity (Indirect Emissions):

$$eCO_2 = CO_2 + CH_4 + N_2O$$

Where,

$$CO_2 = \text{Electricity Consumption} \times \text{EF}$$

$$CH_4 = \text{Electricity Consumption} \times \text{EF for } CH_4 \times \text{GWP for } CH_4$$

$$N_2O = \text{Electricity Consumption} \times \text{EF for } N_2O \times \text{GWP for } N_2O$$

And where,

- EF = Emissions Factor for the individual energy source. You can obtain these factors from VCR Inc. or the OEE (see Section 6 for typical values and Section 7 for further references).
- GWP = Global Warming Potential Factor, the relative global warming potential of different GHGs (compared to CO₂). GWP values are available from VCR Inc. As well, typical values are found in Section 6.

Total CO₂ Emissions:

$$eCO_2 = eCO_2 \text{ from Fossil Fuels} + eCO_2 \text{ from Electricity}$$

Tools have been developed to calculate and summarize CO₂ emissions. For more information on emissions factors and how you can obtain the tools needed to calculate emissions, see Section 7.

Section 6. Conversion Factors, Energy Contents, GHG Emission Factors and Heating Degree-Days

Conversion Factors			
1 Gg (megagram)	=	1000	Mt (megagram)
	=	1 000 000 000	t (tonne)
	=	2572 lb	kWh (kilowatt-hour)
	=	540 170	Btu (British Thermal Unit)
	=	9.48	Therm
1 kWh (kilowatt-hour)	=	1000	Wh (watt-hour)
	=	3.6	MJ
	=	0.0036	GJ
	=	3413.4	Btu
	=	0.034 13	Therm
1 Btu (British Thermal Unit)	=	0.001	kWh
	=	1 055	J
	=	0.001 055	MJ
	=	0.000 293	kWh
	=	0.000 01	Therm

1 kg (kilogram) of steam delivers 2220 Btu or 1 lb (pound) of steam delivers 1000 Btu

Common Factors			
1 lb (pound)	=	0.454	kg
1 t (tonne)	=	1000	kg
1 m ² (square metre)	=	10.76	ft ² (square foot)
1 imp. gal (imperial gallon)	=	4.546	l (litre)
1 US gal (US gallon)	=	3.785	l
1 cu ft (cubic foot)	=	0.028 317	m ³
1 T (tonne)	=	1 000 000 000 000	
1 G (giga)	=	1 000 000 000	
1 M (mega)	=	1 000 000	

Energy Contents						
Energy Type			Energy Content			
Electricity						
	- Hydro	3.60	MJ/kWh		3.60	
Natural Gas		37.23	MJ/m ³		10.33	ekWh/m ³
Fuel Oil						
	- Light	38.68	MJ/L		10.74	ekWh/m ³
	- Heavy	41.73	MJ/L		11.59	ekWh/m ³
Propane (Liquid)		25-53	GJ/m ³		6944-14 722	ekWh/m ³
Coal						
	- Anthracite	27.70	GJ/t		7694	ekWh/t
	- Bituminous	27.70	GJ/t		7694	ekWh/t
	- Sub-Bituminous	18.80	GJ/t		5222	ekWh/t
	- Lignite	14.40	GJ/t		4000	ekWh/t
	- Average Domestic Use	22.20	GJ/t		6167	ekWh/t
Petroleum Products						
	- Motor Gasoline	34.66	GJ/m ³		9628	ekWh/m ³
	- Kerosene	37.68	GJ/m ³		10 467	ekWh/m ³
	- Diesel	38.68	GJ/m ³		10 744	ekWh/m ³

Source: Canada's Emissions Outlook: An Update, Natural Resources Canada.

The following is an example of how to convert energy forms.

Question: How much energy will 1000 m³ of gas produce?

i.e. 1000 m³ of natural gas = ? in GJ and ? in kWh

Step 1. Determine the energy content (i.e. how much energy does a cubic metre produce?).

- Look under the Energy Content Factors.
- For natural gas: 1 m³ produces 37.2 MJ or 10.33 ekWh of energy.

Step 2. Calculate the energy content for the amount of natural gas used.

- Energy = 1000 m³ × 37.2 MJ/m³ or 1000 m³ × 10.33 ekWh/m³
- Energy = 37 200 MJ or 10 330 ekWh

Therefore, 1000 m³ of natural gas produces 37 200 MJ or 37.2 GJ or 10 330 kWh of energy.

GHG Emission Factors

Global Warming Potential	
GHG	Global Warming Potential (based on a 100-year period)
Carbon Dioxide (CO ₂)	1
Methane (CH ₄)	21
Nitrous Oxide (N ₂ O)	310

GHG Emission Factors			
Fuel	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Natural Gas	1880 g/m ³	0.043 g/m ³ (commercial)	0.02 g/m ³
Light Oil	2830 g/L	0.026 g/L (commercial)	0.013 g/L
Heavy Oil	3090 g/L	0.060 g/L (commercial)	0.013 g/L

1998 Average Provincial CO₂ Emissions by Unit of Electricity Produced

Region (t/TJ)	CO ₂ (t/TJ)	N ₂ O (t/TJ)	CH ₄ (t/TJ)
Newfoundland and Labrador	6.2	0.010 199 0	0.000 174 0
Prince Edward Island	137.9	0.461 084 0	0.008 899 0
Nova Scotia	204.5	1.116 943 0	0.022 437 0
New Brunswick	137.9	0.461 084 0	0.008 899 0
Quebec	2.5	0.000 034 4	0.000 010 4
Ontario	65.2	0.001 312 2	0.000 387 7
Manitoba	8.2	0.000 249 5	0.000 075 4
Saskatchewan	231.7	0.008 302 3	0.002 484 2
Alberta	252.1	0.006 868 3	0.002 047 2
British Columbia	7.4	0.000 103 2	0.000 027 3
All territories	98.5	0.012 117 8	0.004 014 0
Average Canadian Factor	61.3	0.001 474 1	0.000 438 3

Sources:

- Registration Guide 1999, *Canada's Climate Change Voluntary Challenge and Registry Inc. (VCR Inc.)*.
- Canada's Emissions Outlook: An "Events-Based" Update for 2010, *Natural Resources Canada*.
- Demand Policy and Analysis Division, *Office of Energy Efficiency, Natural Resources Canada*.

Notes:

- More comprehensive approaches to calculate CO₂ emissions are described in the "CO₂ Calculations Version 2" spreadsheet (see Section 7 for references). The spreadsheet includes templates and pre-made formulas to help in the calculations.
- There are many ways to determine CO₂ emissions resulting from electricity. The factors provided are one of the many methods.

Heating Degree-Days (HDD), 1961-90 Averages

The following is an excerpt from the Canadian Meteorological Centre (CMC), on Environment Canada's Web site at <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/normals/eprovdndx.htm>.

ALBERTA							
Calgary	5195	Edson	5895	Jasper	4647	Red Deer	5762
Banff	5514	Fort McMurray	6529	Lethbridge	4672	Vermilion	6154
Edmonton Inter.	5827	Grande Prairie	6010	Medicine Hat	4752		
QUEBEC							
Bagotville	5839	Kuujuaupik	8230	Natashquan	6160	Sherbrooke	5176
Baie-Comeau	6030	Mont-Joli	5492	Québec	5208	Saint-Hubert	4619
Inukjuak	9063	Montréal	4575	Schefferville	8396	Val-d'Or	6206
NEW BRUNSWICK							
Charlo	5514	Fredericton	4794	Saint John	4817		
Chatham	5008	Moncton	4833				
BRITISH COLUMBIA							
Abbotsford	3093	Cranbrook	4650	Kelowna	3974	Prince George	5241
Agassiz	2944	Dawson Creek	6063	McInnes Island	3435	Prince Rupert	4050
Blue River	5045	Fort Nelson	6995	Merry Island	2766	Princeton	4453
Bonilla Island	3575	Hope	3101	Nanaimo	3147	Vancouver Inter.	3002
Comox	3142	Kamloops	3659	Penticton	3469	Victoria Inter.	3109
ONTARIO							
Hamilton	4054	North Bay	5363	Sault Ste. Marie	5097	Timmins	6208
Kenora	5852	Ottawa Inter.	4688	Simcoe	4018	Toronto Island	3813
Kingston	4308	Peterborough	4560	Sioux Lookout	6219	Toronto Pearson Inter.	4174
Muskoka	4936	Sarnia	3928	Sudbury	5407	Waterloo	4335
Thunder Bay	5749	Windsor	3615				
NOVA SCOTIA							
Greenwood	4285	Sable Island	3857	Sydney	4636		
Halifax Inter.	4421	Shearwater	4254	Yarmouth	4106		
SASKATCHEWAN							
Broadview	6003	Prince Albert	6437	Saskatoon	5944	Uranium City	7857
Moose Jaw	5345	Regina	5756	Swift Current	5415	Wynyard	6068
MANITOBA							
Bissett	6216	Churchill	9177	Grand Rapids	6510	Thompson	7824
Brandon	6025	Flin Flon	6809	Morden	5468	Winnipeg Inter.	5874
PRINCE EDWARD ISLAND							
Charlottetown	4748	Summerside	4655				
NEWFOUNDLAND							
Battle Harbour	6455	Churchill Falls	7850	Gander Inter.	5164	Port aux Basques	5046
Bonavista	4936	Comfort Cove	5230	St. John's	4865	Stephenville	4889
YUKON TERRITORY							
Watson Lake	7725	Whitehorse	6947				
NORTHWEST TERRITORIES							
Fort Simpson	7976	Inuvik	10 040	Yellowknife	8477		
NUNAVUT							
Iqaluit	10 050						

Section 7. Resources

Additional information can be found using the following sources:

Office of Energy Efficiency and Other NRCan Resources

- *Best Practices Guide for School Facility Managers*
- *Benchmarking Guide for School Finance Officers*
- "Dollars to Sense" Workshops:
 - The Energy Master Plan
 - Energy Monitoring and Tracking
 - Spot the Energy Savings Opportunities
- Energy Management Action Plan Template and Guidelines
- "CO₂ Calculations Version 2" spreadsheet
- Energy Management Series (numerous technical documents ranging from auditing and boilers to energy accounting, compressors and lighting)
- Commercial Building Incentive Program (CBIP) and *Commercial Building Incentive Program Technical Guidelines*, which refer to the *Model National Energy Code for Buildings* (MNECB) (see Web site at <http://oee.nrcan.gc.ca/cbip>)
- The MNECB and *Performance Compliance for Buildings* are available from the National Research Council Canada's Institute for Research in Construction (IRC). To order, call 1 800 672-7990 (toll-free) or, in the National Capital Region, call (613) 993-2463. Fax: (613) 952-7673.
- *Canada's Emissions Outlook: An Update*, Analysis and Modelling Group, National Climate Change Process, 1999.
- The Renewable Energy Deployment Initiative (REDI) (see the Web site at <http://www.nrcan.gc.ca/es/erb/reed/>)

These resources, as well as other publications, are all available through the Energy Innovators Initiative of NRCan's OEE at the following:

Energy Innovators Initiative
Natural Resources Canada
Office of Energy Efficiency
580 Booth Street, 18th Floor
Ottawa ON K1A 0E4
Tel.: (613) 995-6950
Fax: (613) 947-4121
Web site: <http://oee.nrcan.gc.ca>

External Resources and Publications

- Environment Canada
Canadian Meteorological Centre (CMC)
Climate and Water Products Division
4905 Dufferin Street
Downsview ON M3H 5T4
Tel.: (416) 739-4328
Fax: (416) 739-4446
E-mail: Climate.Services@ec.gc.ca
Web site: <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/>
- Canadian School Boards Association
Chris Noyes, Project Co-ordinator
Tel.: (613) 235-3724
Fax: (613) 238-0434
E-mail: chris@cdnsba.org
- Agence de l'efficacité énergétique
Luc Lamontagne, Analyste
Tel.: (418) 627-6379, ext. 8032
Fax: (418) 643-5828
E-mail: luc.lamontagne@aec.gouv.qc.ca
- Ministère de l'Éducation du Québec
Michel Parent, ing.,
Direction des équipements scolaires
Direction générale du financement et des équipements
Tel.: (418) 644-2525
Fax: (418) 643-9224
E-mail: michel.parent@meq.gouv.qc.ca
- Canada's Climate Change Voluntary Challenge and Registry Inc. (VCR Inc.)
Tel.: (613) 565-5151
Fax: (613) 565-5743
Web site: <http://vcr-mvr.ca/>

- ÉcoGESté
 Roberte Robert, ing.
 Directrice du Programme ÉcoGESté
 Bureau d'enregistrement des mesures volontaires
 sur les changements climatiques
 Tel.: (418) 521-3950, ext. 4907
 Fax: (418) 646-4320
 E-mail: ecogeste@mef.gouv.qc.ca

- Centre for the Analysis and Dissemination of
 Demonstrated Energy Technologies (CADET).
 This organization is an initiative of the International
 Energy Agency (IEA).
 Michel Lamanque
 CADET Technology Co-ordinator
 Natural Resources Canada
 Tel.: (613) 947-3812
 Fax: (613) 947-1016
 E-mail: mlamanqu@nrcan.gc.ca

- ETSU, AEA Technology PLC, Harwell, UK
 Tel.: +44 1235 436747
 Fax: +44 1235 433066
 E-mail: etsuenq@aeat.co.uk
 Web site: <http://www.energy-efficiency.gov.uk>

- BRECSU, BRE Ltd., Garston, Watford, UK
 Tel.: +44 1923 664258
 Fax: +44 1923 664787
 E-mail: brecsuenq@bre.co.uk
 Web site: <http://www.energy-efficiency.gov.uk>



Office of Energy Efficiency
Office de l'efficacité énergétique

Leading Canadians to Energy Efficiency at Home, at Work and on the Road

The Office of Energy Efficiency of Natural Resources Canada is a dynamic organization with a mandate to renew, strengthen and expand Canada's commitment to energy efficiency in order to help address the challenges of climate change.



Office de l'efficacité énergétique
Initiative des Innovateurs énergétiques

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires



Ressources naturelles
Canada

Office de l'efficacité
énergétique

Natural Resources
Canada

Office of Energy
Efficiency

Canada

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires

Produit par
l'Office de l'efficacité énergétique
Initiative des Innovateurs énergétiques

L'Initiative des Innovateurs énergétiques vise à encourager les organisations canadiennes des secteurs commercial et institutionnel à investir dans l'efficacité énergétique dans l'ensemble de leurs opérations en vue de réduire les coûts et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre attribuables à la consommation d'énergie. Visitez notre site Web à <http://oee.rncan.gc.ca>.

Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires

Édition révisée

*Also available in English under the title
Benchmarking Guide for School Facility Managers*

ISBN 0-662-87867-0

N° de catalogue MP92-221/2001F

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2001

Pour se procurer des exemplaires supplémentaires de cette publication, écrire à

Programmes des secteurs industriel, commercial et institutionnel

Office de l'efficacité énergétique

Ressources naturelles Canada

580, rue Booth, 18^e étage

Ottawa (Ontario) K1A 0H4

Téléphone : (613) 995-6950

Télécopieur : (613) 947-4121

Il est également possible de consulter ou de commander plusieurs publications de
l'Office de l'efficacité énergétique en direct en visitant notre bibliothèque virtuelle
Publications Énergie à <http://www.mcan.gc.ca/infoenergy>. Le site Web de l'Office de
l'efficacité énergétique est : <http://www.mcan.gc.ca>.



Papier recyclé



Imprimé au Canada

Table des matières

Introduction	1
Chapitre 1. Consommation d'énergie dans les écoles	1
1.1 Consommation d'énergie dans les écoles canadiennes	1
Chapitre 2. Analyse comparative du rendement énergétique	2
2.1 Calcul des données de référence	3
2.1.1 Rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire	3
2.1.2 Rendement de référence par école	5
2.1.3 Rendement de référence entre écoles similaires	5
2.2 Comparaison avec les exigences du <i>Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments</i> et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)	6
Chapitre 3. Résultats de l'analyse comparative	6
3.1 Rendement énergétique des commissions ou conseils scolaires	7
3.2 Rendement énergétique par école	9
3.3 Rendement énergétique entre écoles similaires	12
3.4 Autres variables à incidence prises en considération	14
3.5 Comparaison avec les exigences du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)	15
Chapitre 4. Comparaisons progressives de données de référence modèles ...	15
Chapitre 5. Calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)	18
Chapitre 6. Facteurs de conversion, contenu énergétique, facteurs d'émissions de GES et degrés-jours de chauffage (DJC)	19
Chapitre 7. Ressources	23



Le *Guide d'analyse comparative à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires* vise à aider les gestionnaires du secteur scolaire à calculer le rendement énergétique de leur établissement et à le comparer à des données de références tant dans leur région que partout au Canada. Tel un signal d'alarme, il incite les gestionnaires à évaluer le rendement énergétique de leur établissement en vue de déterminer un plan d'action visant la réduction des coûts liés à la consommation énergétique. En comparant l'intensité énergétique moyenne de leur établissement à celle d'autres écoles à l'échelle nationale et régionale ainsi qu'à celle d'écoles semblables, les gestionnaires d'établissement pourront se fixer des objectifs d'amélioration de rendement. Explorer les possibilités de réduire la consommation d'énergie et les mettre en pratique permet de réaliser des économies tout en protégeant l'environnement.

Cette analyse comparative est publiée conjointement avec le *Guide des stratégies optimales à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires*. Ces guides font partie du programme pilote d'analyse comparative et de stratégies optimales mis sur pied par l'Office de l'efficacité énergétique (OEE) de Ressources naturelles Canada (RNCAN).

Chapitre 1 – Consommation d'énergie dans les écoles

Pour lancer un tel programme, il est essentiel d'établir où l'énergie est consommée et d'identifier les principaux points à améliorer. Dans les écoles, l'énergie est un élément capital d'un milieu sûr et confortable pour les activités éducatives, sportives et administratives, ainsi que pour diverses installations, comme les cafétérias, les laboratoires, les piscines et les gymnases. L'énergie est principalement utilisée pour le chauffage et l'éclairage. Cependant, certaines écoles ont besoin de systèmes supplémentaires qui assurent le refroidissement ou la climatisation. En général, on utilise la chaudière au gaz ou au mazout pour le chauffage. Dans certaines régions du Québec et dans presque toutes les écoles rurales du Manitoba, on utilise un chauffage électrique direct en raison de l'approvisionnement facile en électricité renouvelable et bon marché. Le refroidissement se fait habituellement à l'électricité.

Le chauffage utilisant les combustibles fossiles semble être l'élément le plus courant de la consommation d'énergie d'un établissement et serait donc la plus grande source d'émissions de dioxyde de carbone (CO_2). Toutefois, en tenant compte de la consommation d'énergie primaire (incluant la conversion

dans les centrales énergétiques), il se peut que la climatisation produise la plus grande quantité de CO_2 et engendre ainsi une dépense financière importante. C'est pourquoi l'analyse continue des deux systèmes devrait être un des principaux objectifs de tout programme global de supervision de la consommation énergétique. Dans les écoles dotées d'installations spéciales, comme des piscines, il y aurait lieu d'effectuer un suivi et un contrôle spécifiques des coûts et de la consommation d'énergie de ces installations pour en tenir compte dans l'élaboration du budget énergétique de l'établissement.

1.1 Consommation d'énergie dans les écoles canadiennes

Il y a environ 15 000 écoles au Canada, lesquelles sont supervisées par près de 495 commissions ou conseils scolaires. Les données sur la consommation d'énergie ont été analysées pour préparer cette analyse comparative. La figure 1 et le tableau 1 indiquent les données des coûts et de la consommation d'énergie rassemblées au cours de ce premier programme pilote. Environ 1 473 écoles ont participé au processus de collecte de données de l'OEE. L'Agence de l'efficacité énergétique et le ministère de l'Éducation du Québec ont fourni des données supplémentaires provenant de 2 770 écoles du Québec (voir chapitre 7, Ressources). En raison des différentes années financières, les données s'étalent de 1997 à 1999.

Figure 1. Répartition de la consommation d'énergie selon le programme pilote

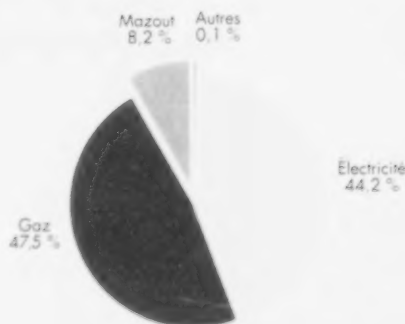


Tableau 1. Coûts et consommation d'énergie par région, selon les données du programme pilote

Région	Nombre d'écoles participantes	Superficie des écoles participantes (en millions de m ²)	Répartition de la consommation d'énergie (pourcentage)				Consomm. énérg. totale (en millions de kWh/an)	Coûts énérg. totaux (millions \$/an)
			Électricité	Gaz	Mazout	Autres		
Yukon, Nunavut Territoires du Nord-Ouest	7	0,031	29,2	–	70,8	–	–	0,87
Colombie-Britannique	406	1,71	33,6	49,0	16,4	1,0	368	13,5
Alberta	371	1,76	31,1	68,9	–	–	560	14,8
Saskatchewan	90	0,36	22,9	77,1	–	–	127	3,2
Manitoba	113	0,51	32,4	57,8	8,8	1,0	123	5,3
Ontario	444	2,40	36,0	56,5	7,4	0,1	343	22,0
Québec	2 770	12,15	50,9	39,9	9,2	–	2 451	123,4
Provinces de l'Atlantique	42	0,18	30,8	69,2	–	–	32	1,8
Total	4 243	19,10					4 004	184,9
Électricité							1 770	
Gaz							1 900	
Mazout							330	
Autres							4	

Remarques :

- kWh/an = kilowattheure équivalent d'énergie fournie par an.
- La catégorie «Autres» des énergies consommées comprend le gaz de pétrole liquéfié (GPL) et les combustibles solides.
- Ne pas utiliser le tableau 1 pour comparaison, car les commissions ou conseils scolaires pourraient ne pas avoir fourni des renseignements complets. Certaines commissions ou conseils scolaires ont présenté des données sur le coût énergétique ou sur la consommation d'énergie, mais pas nécessairement sur les deux. En conséquence, les renseignements sur le coût du kWh/an de chaque région pourraient varier considérablement.
- Les données portent sur la période 1997-1999.

Chapitre 2 : Analyse comparative du rendement énergétique

Les renseignements sur le rendement énergétique servent de point de départ à la supervision de la consommation d'énergie. Collecter des données de référence sur une base régulière permet d'évaluer le rendement et de trouver des possibilités d'économies. Les tendances de consommation de combustible peuvent être identifiées en effectuant une analyse comparative des données entre écoles semblables à l'échelle régionale ou nationale ou en comparant les données d'une année à l'autre.

Les données de référence sont représentatives. Une école peut donc comparer son rendement à des statistiques nationales sur la consommation annuelle d'énergie ou sur les coûts par mètre carré de superficie ou par élève. Ainsi, l'école arrive à discerner les avantages possibles d'adopter des « stratégies optimales ».

Le rendement varie d'une donnée de référence à l'autre, en fonction des variables à incidence (ou facteurs d'influence). En raison du nombre restreint des données obtenues au cours de ce programme pilote, certaines variables à incidence n'ont pas été prises en considération. Parmi les facteurs déterminants dont cette analyse a tenu compte, on retrouve :

- **L'emplacement** – Les données de référence sont exprimées par région. L'emplacement exerce une influence sur le rendement énergétique, en raison de la diversité des sources d'énergie et des tarifs des coûts énergétiques utilisés dans les différentes régions.

- **Le climat** – Les degrés-jours de climatisation et de chauffage varient en fonction du lieu. Ces degrés-jours expriment le nombre total de degrés par jour au cours d'une période déterminée pendant laquelle la climatisation ou le chauffage est nécessaire pour le confort à l'intérieur des locaux d'un lieu donné. Elles permettent de comparer différentes régions climatiques en termes de consommation d'énergie par degré-jour de chauffage ou de refroidissement. Les degrés-jours de chauffage (DJC) permettent de mesurer l'énergie de chauffage nécessaire pendant la saison de chauffage; elle est mesurée en fonction de l'écart entre la température de base de 18 °C et la température moyenne du jour.

Pour représenter les DJC, la consommation d'énergie a été normalisée au moyen de la démarche présentée par l'Agence de l'efficacité énergétique et le ministère de l'Éducation du Québec. La moyenne des DJC au cours des 30 dernières années et pour l'année donnée a été fournie par Environnement Canada en vue de normaliser les données (consulter les références au chapitre 7). La formule utilisée pour normaliser les DJC est la suivante :

$$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$$

Où

E_n = consommation annuelle normalisée pour une année

E_r = consommation annuelle réelle pour une année

DJC_{30} = moyenne annuelle des degrés-jours de chauffage sur 30 années (température de base : 18 °C)

DJC_r = moyenne annuelle des degrés-jours de chauffage réels (température de base : 18 °C)

- **Taux d'occupation** – Les données d'intensité sont basées sur un nombre constant d'élèves, qu'il s'agisse d'élèves à temps partiel ou à temps plein. Le nombre d'élèves est important dans les écoles qui offrent des cours du soir ou des programmes scolaires à d'autres moments de la journée, car les élèves à temps partiel sont un indicateur d'heures d'exploitation plus longues. Le taux d'occupation est un moyen de représenter l'impact de ces heures d'utilisation.
- **L'âge du bâtiment** – Les bâtiments sont regroupés en trois catégories selon l'âge de la construction : plus de 25 ans, de 10 à 25 ans et moins de 10 ans.

Outre les variables à incidence, cette analyse comprend des données de référence relatives réparties selon trois groupes. Ainsi, les gestionnaires d'établissements peuvent comparer leur rendement énergétique à celui d'autres commissions ou conseils scolaires, d'autres écoles dans leur propre commission ou conseil scolaire, ou d'écoles semblables dans d'autres commissions ou conseils scolaires. Cette comparaison peut les aider à décider de poursuivre ou non les activités d'utilisation

rationnelle de l'énergie sur l'ensemble de la commission ou du conseil scolaire ou au sein d'une école en particulier. Les différents groupes ont été établis comme suit :

- **Commissions ou conseils scolaires** – Les intensités de consommation d'énergie des commissions ou conseils scolaires peuvent être comparées aux moyennes nationale et régionale. Quant aux coûts, ils sont fournis à titre d'exemples. Les variables à incidence dont on a tenu compte sont la consommation et les coûts d'énergie, les DJC, la superficie, le nombre d'élèves et l'emplacement.
- **École** – Il est également possible de comparer les intensités de consommation d'énergie de chaque école aux moyennes nationale et régionale. De même, les variables à incidences dont on a tenu compte pour chaque école sont la consommation et les coûts d'énergie, les DJC, la superficie, le nombre d'élèves et l'emplacement. À l'origine, les écoles étaient réparties en trois catégories : primaires, secondaires et autres. Les résultats ne montrant pas de différences notables, ces trois catégories d'école ont été regroupées sous une seule catégorie pour cette analyse.
- **Écoles semblables** – Le troisième groupe de l'analyse comparative présente les écoles en rapport à d'autres qui sont du même type. Une école est comparée à d'autres écoles présentant des DJC et des âges de bâtiments similaires ou, le cas échéant, à des écoles qui, comme elle, utilisent ou n'utilisent pas de système de climatisation.

Les résultats de cette première étude pilote nationale sur la comparaison du rendement sont illustrés au chapitre 3.

2.1 Calcul des données de référence

Pour calculer le rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire, il est nécessaire de rassembler des données sur le taux d'occupation, la consommation d'énergie annuelle, les variations climatiques et les caractéristiques physiques du site. Les sections suivantes décrivent des procédures visant à évaluer les intensités de consommation d'énergie et les coûts de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire.

2.1.1 Rendement de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire

Pour calculer le rendement d'une commission ou d'un conseil scolaire et le comparer ensuite aux données de l'Analyse, suivre ces étapes :

1. Déterminer la ou les superficies totales desservies en mètres carrés (m^2) (c'est-à-dire chauffées ou climatisées).
2. Déterminer le nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire.

3. Rassembler les données des relevés de compteurs ou des factures de services publics pour calculer les coûts et la consommation d'énergie annuels en combustible fossile et en électricité pour toutes les écoles d'une commission ou d'un conseil scolaire.
4. Convertir les données de consommation en unités énergétiques courantes ou kilowattheures équivalents (kWheq) et calculer la consommation totale (voir chapitre 6 pour plus de précision sur les facteurs de conversion et des conseils supplémentaires pour la conversion).
5. Obtenir la moyenne annuelle des DJC des 30 dernières années et les données sur les DJC annuels de l'année en cause pour la région en question.

6. Normaliser la consommation d'énergie des DJC au moyen de l'équation fournie à la page 3.
7. Calculer le rendement de référence global des intensités d'énergie effectives et normalisées en kWheq/m², \$/m² et \$/élèves. Comparer ensuite les résultats obtenus aux données de référence kWheq/élève des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3 (au chapitre 3).

Ce processus permet de déterminer le rendement de référence global d'une commission ou d'un conseil scolaire. Un modèle pour faciliter le calcul des données de référence est fourni à la figure 2.

Les comparaisons concernant les **coûts** et les **élèves** ne sont fournies qu'à titre indicatif. Comme le démontrent les résultats de l'analyse comparative du chapitre 3, ces comparaisons varient considérablement en raison de nombreux facteurs, dont le coût unitaire de l'énergie variable d'une région à l'autre.

Figure 2. Modèle de calcul des données de référence d'une commission ou d'un conseil scolaire

Étape	Valeur			
1. Surface totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)				
2. Nombre total d'élèves dans la commission ou le conseil scolaire				
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
- Électricité	kWh			
- Gaz naturel	m ³			
- Mazout	L			
- Autre (spécifier)				
- Total				
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
- Emplacement/région				
- Moyenne des DJC sur 30 ans				
- Moyenne des DJC de l'année en cause				
(voir les coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie des DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$				
6. Rendement de référence				
- kWheq/m ² réel				
- kWheq réel/élève				
- \$ réel/m ²				
- \$ réel/élève				
- kWheq normalisé/m ²				
- kWheq normalisé/élève				
7. Au moyen des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale				

2.1.2 Rendement de référence par école

On peut comparer chaque école en suivant une méthode quasi identique à celle utilisée pour les commissions ou conseils scolaires (présentée précédemment.). Suivre toutes les étapes visant les commissions ou conseils scolaires en se servant de la figure 3 comme modèle pour rassembler les renseignements nécessaires et effectuer les calculs appropriés.

N'utiliser les comparaisons relatives aux coûts et aux élèves qu'à titre indicatif (les comparaisons concernant les élèves peuvent varier en raison de plusieurs facteurs, dont certains ont été cités précédemment).

2.1.3 Rendement de référence entre écoles similaires

Le troisième groupe de cette analyse comparative concerne la comparaison entre écoles similaires. Les variables à incidence qui ont été prises en considération sont le climat (DJC), l'âge de l'école, l'emplacement de l'école et la climatisation.

Le modèle de la figure 3 peut également servir à résumer les données en vue de comparer les résultats obtenus aux résultats de l'analyse comparative du chapitre 3.

Figure 3. Modèle de calcul des points de référence des écoles, qu'on les évalue séparément ou qu'elles soient comparées entre elles

Étape	Valeur
1. Superficie totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)	
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire	
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités
- Électricité	kWh
- Gaz naturel	m ³
- Mazout	L
- Autre (spécifier)	
- Total	
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région	Valeur
- Emplacement/région	
- Moyenne des DJC sur 30 ans	
- Moyenne des DJC de l'année en cause	
(voir les coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)	
5. Normaliser la consommation d'énergie des DJC	kWheq
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$	\$
6. Rendement de référence	
- kWheq/m ² réel	
- kWheq réel/élève	
- \$ réel/m ²	
- \$ réel/élève	
- kWheq normalisé/m ²	
- kWheq normalisé/élève	
7. Au moyen des figures 6 et 7 et des tableaux 4 et 5, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.	
Comparaison avec des écoles similaires (Section 2.1.3)	
8. Âge de l'école (<10 ans, 10-25 ans, >25 ans)	
9. Climatisation (oui ou non)	
10. Au moyen des chiffres de la section 3.3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.	

2.2 Comparaison avec les exigences du Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)

Un autre type d'analyse comparative significative que les écoles peuvent utiliser consiste à comparer le rendement aux exigences du *Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments* (CMNÉB) et du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC). Bien que ne faisant pas partie de ce programme de référence, ce type de comparaison mérite d'être considéré.

L'OEE se sert du CMNÉB comme base de comparaison pour son PEBC. Le code établit des normes minimales régissant les matériaux et les caractéristiques de construction ayant une incidence sur l'efficacité énergétique des bâtiments. L'une des principales exigences du PEBC est une consommation d'énergie d'au moins 25 p. 100 inférieure à celle d'un bâtiment similaire construit selon les normes du code. Le CMNÉB aide les concepteurs à mettre au point des bâtiments utilisant l'énergie de façon rationnelle qui permettent de réduire au minimum les factures relatives à la climatisation et au chauffage. Il tient compte du climat, des catégories et des coûts de combustible, ainsi que des coûts régionaux de construction dans le calcul des normes minimales. Ce code traite également de la résistance thermique, du rendement de l'éclairage, du chauffage, de la climatisation et de la ventilation (CVC), de l'utilisation des eaux de traitement et de la consommation globale d'électricité.

En général, les bâtiments et équipements consommateurs d'énergie sont conçus selon les normes de rendement fixées par l'*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE). Les gestionnaires d'établissement sont invités à consulter les codes de l'ASHRAE pour en savoir davantage sur le rendement énergétique et l'élaboration de plans d'action visant l'amélioration de la situation actuelle. Pour plus de précisions sur la manière de comparer les établissements aux exigences du PEBC, consulter le chapitre 7, Ressources.

Chapitre 3. Résultats de l'analyse comparative

Ce programme pilote d'analyse comparative a permis d'analyser des données de 1997-1999 provenant de 112 commissions ou conseils scolaires et de 4 243 écoles en vue d'obtenir des modèles nationaux et régionaux. Compte tenu du faible échantillon de données, l'analyse comparative a été réalisée selon la méthode décrite plus loin.

Les modèles sont illustrés sous différents graphiques *x-y* (en nuage de points) et tableaux synthèses. L'analyse des graphiques a été effectuée selon une technique statistique connue sous le nom d'analyse de régression. Les valeurs du coefficient de détermination multiple (R^2), ou proportion des variances y résultant de la variance x , sont également fournies. Elles indiquent s'il y a une interdépendance entre les diverses variables à incidences, telles la superficie, les DJC et les élèves. L'interdépendance est d'autant plus importante que la valeur (R^2) se rapproche du chiffre 1.

Les données de base de cette analyse comparative sont établies de façon générale, tel qu'on le fait habituellement dans ce type d'étude. L'analyse suivante est fondée sur un échantillon restreint de données provenant des commissions ou conseils scolaires ayant répondu au questionnaire de l'OEE ou sur les données obtenues de l'Agence de l'efficacité énergétique du Québec et du ministère de l'Éducation du Québec. Dans certains cas, les données étaient incomplètes et/ou seules de vieilles données étaient disponibles. On a constaté un écart important entre les régions selon l'étendue de leur réseau scolaire. **Il y aurait donc lieu de considérer ces résultats comme une indication préliminaire du rendement de référence du secteur scolaire du Canada.**

Les économies potentielles pourraient stimuler des analyses plus approfondies sur le terrain. La mise en place de nouvelles mesures permettra une amélioration progressive des normes. L'écart entre le niveau de rendement des « bonnes stratégies » et celui des « stratégies optimales » devrait se réduire aux cours des études subséquentes.

Les écoles peuvent se servir de ces données de référence pour déterminer leur rendement énergétique. Ainsi, on suppose que les écoles ayant un rendement énergétique égal ou inférieur à la moyenne – soit inférieur à la droite de régression ou à l'équation moyenne (c'est-à-dire kWh/m^2) – utilisent de bonnes stratégies. Celles dont le rendement est inférieur d'au moins 25 p. 100 au rendement moyen pourraient se classer dans la catégorie des établissements ayant adopté des « stratégies optimales ».

À l'aide des courbes de tendance, les écoles peuvent calculer le rendement « moyen » en fonction de la superficie ou du nombre d'élèves et le comparer ensuite à leur consommation d'énergie réelle.

La différence entre les « bonnes stratégies » et les « stratégies optimales » donne une idée générale des possibilités d'économies du site analysé.

3.1 Rendement énergétique des commissions ou conseils scolaires

Les données provenant des commissions ou conseils scolaires ayant fourni suffisamment de renseignements ont été analysées en vue de déterminer les relations entre les différentes variables à incidence, notamment :

- le climat (DJC);
- la région;
- la consommation d'énergie et ses coûts;
- la superficie;
- le nombre d'élèves.

Ces variables ont été évaluées à l'échelle nationale et régionale, permettant ainsi d'établir des points de référence pour les commissions ou conseils scolaires (au moyen des graphiques x-y) :

- kWh_{eq} en fonction de la superficie (m²) pour la consommation annuelle d'énergie réelle et normalisée;
- kWh_{eq} en fonction des élèves pour la consommation d'énergie annuelle réelle et normalisée;
- coûts annuels réels (\$) reliés à l'énergie en fonction de la superficie (m²);
- coûts annuels réels (\$) reliés à l'énergie en fonction du nombre d'élèves.

Remarque : Tous les renseignements sont fondés sur des données annuelles

Les figures et tableaux suivants montrent les résultats de l'analyse comparative.

Figure 4. Consommation annuelle d'énergie normalisée en fonction de la superficie des commissions ou des conseils scolaires

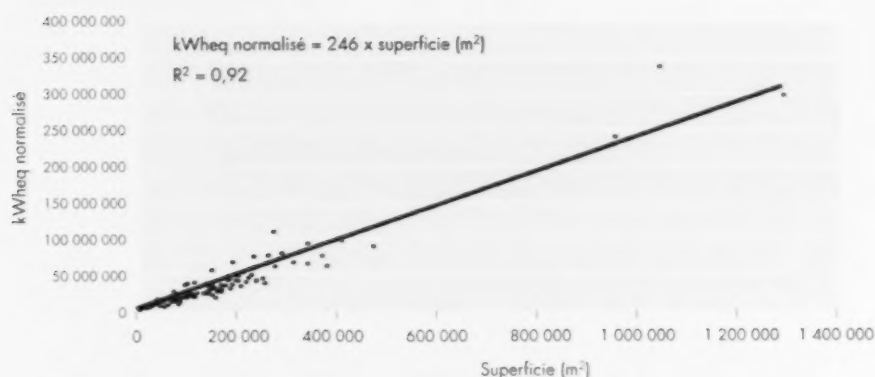


Figure 5. Coût annuel réel de l'énergie en fonction de la superficie des commissions ou conseils scolaires

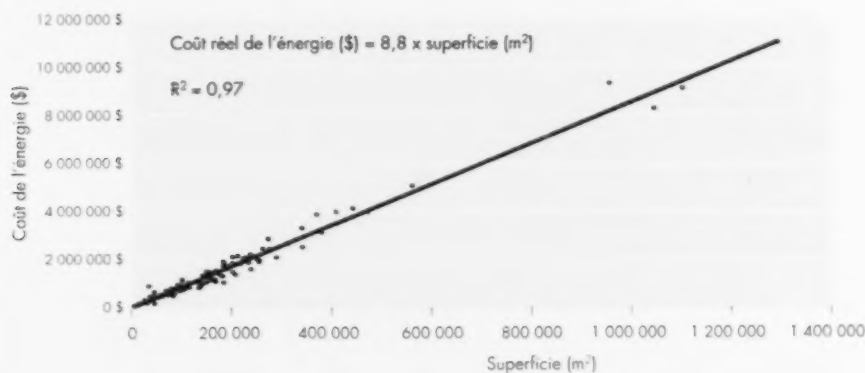


Tableau 2. Sommaire des données de référence sur la consommation d'énergie annuelle des commissions ou conseils scolaires des différentes régions

Région	Superficie			Élèves		
	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle kWhq/m ²	Moyenne normalisée kWhq/m ²	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle kWhq/élève	Moyenne normalisée kWhq/élève
Canada	109	242	246	103	3 116	3 170
Colombie-Britannique	11	240	260	11	2 511	2 815
Alberta	11	328	327	10	4 340	4 344
Saskatchewan	6	383	397	4	3 650	3 674
Manitoba	7	293	303	6	3 990	3 877
Ontario	7	255	253	6	3 523	3 506
Québec	65	214	217	65	2 684	2 727
Provinces de l'Atlantique	2	171	167	1	1 840	1 727
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	0	-	-	0	-	-

Tableau 3. Sommaire des données de référence sur le coût de l'énergie annuel des commissions ou conseils scolaires des différentes régions

Région	Superficie		Élèves	
	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle \$/m ²	Nombre de commissions ou conseils scolaires analysés	Moyenne réelle \$/élève
Canada	112	8,8	103	116,6
Colombie-Britannique	11	7,6	11	82,3
Alberta	11	8,2	10	108,0
Saskatchewan	6	10,4	4	143,8
Manitoba	8	9,5	7	121,8
Ontario	8	9,2	6	107,6
Québec	65	8,8	65	134,6
Provinces de l'Atlantique	2	9,9	1	58,4
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	1	27,7	1	482,4

Remarque :

- Les données de référence sur le coût ne sont fournies qu'à titre d'exemple; une attention particulière est de mise. Le coût unitaire peut varier considérablement d'une région à l'autre et d'une commission ou d'un conseil scolaire à l'autre, ce qui risque d'influencer énormément les coûts de référence.

Résultats et observations

Les données provenant des commissions ou conseils scolaires ont servi à établir la consommation moyenne et les coûts moyens en vue de les utiliser comme référence. Ces données ont été normalisées pour tenir compte des DJC. La consommation et les dépenses de chaque commission ou conseil scolaire ont été établies en fonction de la superficie et du nombre d'élèves pour déterminer s'il y a interdépendance. Les figures 4 et 5 et les tableaux 2 et 3 représentent les résultats de l'intensité énergétique reliés à la consommation et aux coûts. L'analyse de régression montre clairement une relation entre la consommation et la superficie ou les élèves.

Intensité normalisée et intensité réelle – L'écart entre l'indice kWh/m² national réel et l'indice kWh/m² national normalisé était d'environ 2 p. 100, mais il était plus élevé dans certaines régions. Ainsi, l'intensité normalisée de la Colombie-Britannique était de 8,3 p. 100 plus élevée que l'intensité réelle. De toute évidence, le climat a un impact sur le rendement énergétique.

kWh/m² – La superficie est étroitement liée à la consommation comme le démontre la valeur nationale R² de 0,92. La plus faible valeur attribuée à R² vient du Manitoba (0,85). Les régions des Prairies semblent consommer plus d'énergie au mètre carré que les autres régions, en particulier le Québec et la Colombie-Britannique, et dépassent même la moyenne nationale. Toutefois, le Québec, largement représenté dans l'étude et montrant la consommation la plus faible par mètre carré, a provoqué une diminution de la moyenne nationale. Il est intéressant de noter que les variations d'intensité s'accroissent à mesure que la superficie des commissions ou conseils scolaires augmente. On peut donc en déduire que les commissions ou conseils scolaires de superficie plus modeste semblent consommer des quantités similaires d'énergie par mètre carré.

\$/m² – La superficie de la commission ou du conseil scolaire semble également avoir une influence sur les coûts avec une valeur R² nationale de 0,97 indiquant une très forte interdépendance. Toutes les régions ont dépensé des montants similaires par mètre carré, ce qui est assez surprenant, puisque ces coûts devraient varier selon l'emplacement. D'après les rendements normalisés des coûts, la Saskatchewan a payé légèrement plus cher (environ 18 p. 100) par mètre carré que la moyenne nationale. La Colombie-Britannique affiche la dépense la plus faible et les Territoires présentent de loin le taux le plus élevé par mètre carré, peut-être en raison de leur faible participation à l'étude. Il est surprenant de noter la tendance à la croissance des coûts par mètre carré à mesure que la superficie des commissions ou conseils scolaires augmente.

kWh/élève – Bien que moins évidente, la relation directe entre consommation et nombre d'élèves a été démontrée. À l'exception de la Saskatchewan, toutes les valeurs R² dépassent 0,75. Les commissions ou conseils scolaires de plus de 15 000 élèves semblent présenter de plus grandes variations d'intensité énergétique. À mesure que le nombre d'élèves augmente dans une commission ou un conseil scolaire, la relation entre consommation et élèves s'affaiblit. Les moyennes régionales varient considérablement, probablement en raison d'une façon de répertorier les étudiants différente d'une région à l'autre. Les régions de l'Atlantique présentent une moyenne remarquablement basse, probablement en raison de leur faible participation à l'étude.

\$/élève – L'étroite relation entre le coût de l'énergie et le nombre d'élèves est assez surprenante, mais elle ne tient pas compte des différences régionales concernant les prix unitaires payés par les différentes commissions ou conseils scolaires. Les valeurs R² étaient supérieures à 0,6. Comme les résultats de la « consommation par élève », le coût par élève augmente avec la croissance du nombre d'élèves au sein de la commission ou du conseil scolaire. Les coûts moyens par élève varient selon les régions, la moyenne de la Colombie-Britannique présentant environ 29 p. 100 de moins que la moyenne nationale et la moyenne de la Saskatchewan 23 p. 100 de plus. Les Territoires et les régions de l'Atlantique présentent des moyennes sensiblement inférieures, mais moins de commissions ou de conseils scolaires ont participé à l'étude dans ces deux cas.

3.2 Rendement énergétique par école

Des données intéressantes ont été rassemblées en vue de déterminer le rendement de référence de chaque école. Environ 3 500 écoles ont fourni des données, permettant ainsi d'établir les relations entre les différentes variables à incidence et de fixer des points de référence pertinents. La méthode utilisée pour étalonner le rendement énergétique d'une école était similaire à celle utilisée pour les commissions ou conseils scolaires. Les résultats de l'analyse comparative sont présentés dans les figures et tableaux suivants.

Les données de référence ou les moyennes visant les élèves fournies par cette analyse ne le sont qu'à titre indicatif et requièrent une attention particulière.

Figure 6. Consommation annuelle d'énergie normalisée en fonction de la superficie des écoles

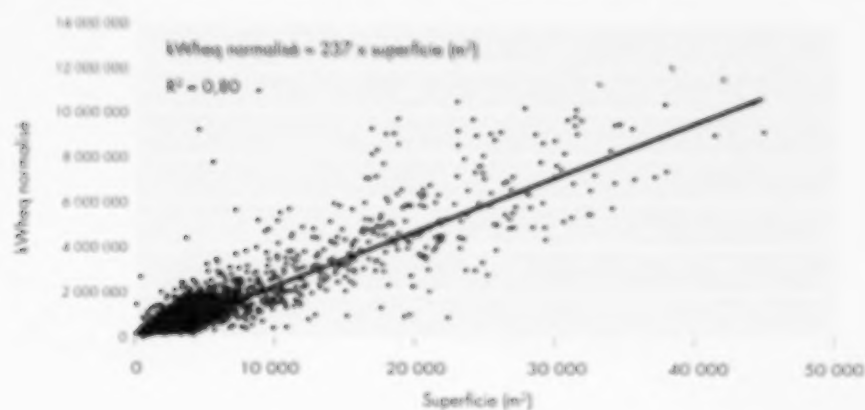


Figure 7. Coût annuel réel de l'énergie en fonction de la superficie des écoles

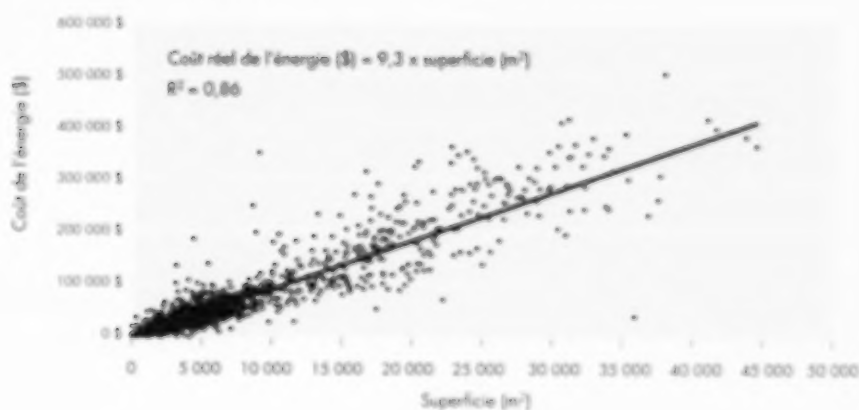


Tableau 4. Sommaire des intensités de la consommation d'énergie annuelle des écoles des différentes régions

Région	Superficie			Éléves		
	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle kWh/m²	Moyenne normalisée kWh/m²	Nombre d'écoles analysées	Moyenne réelle kWh/élève	Moyenne normalisée kWh/élève
Canada	3 307	232	237	3 221	3 042	3 095
Columbia-Britannique	330	202	217	334	2 140	2 300
Alberta	323	313	317	322	3 988	4 043
Saskatchewan	79	384	399	22	2 732	2 779
Manitoba	69	314	345	68	3 882	3 877
Ontario	205	259	258	180	3 260	3 237
Québec	2 259	222	226	2 253	3 052	3 098
Provinces de l'Atlantique	42	173	162	42	1 828	1 716
Yukon, Nunavut, Territoires du Nord-Ouest	0	—	—	0	—	—

Tableau 5. Sommaire du coût de l'énergie annuel des écoles des différentes régions

Région	Superficie		Éléves	
	Nombre d'écoles participantes	Moyenne réelle \$/m ²	Nombre d'écoles participantes	Moyenne réelle \$/élève
Canada	2 486	9,3	2 401	122
Colombie-Britannique	334	7,1	333	84
Alberta	323	8,6	322	111
Saskatchewan	79	9,7	22	89
Manitoba	69	10,7	68	129
Ontario	373	9,1	348	108
Québec	2 259	9,4	2 259	132
Provinces de l'Atlantique	42	9,6	42	101
Territoires du Nord-Ouest	7	30,5	7	450

Résultats et observations

Comme dans le cas des commissions ou conseils scolaires, la consommation et les dépenses de chaque école ont été établies en fonction de la superficie et du nombre d'élèves pour déterminer s'il y a interdépendance. Les figures 6 et 7 et les tableaux 4 et 5 donnent une description des résultats de l'analyse comparative.

Intensité normalisée et réelle – L'écart entre l'indice kWh/m²/m² national réel et l'indice kWh/m²/m² national normalisé est d'environ 2 p. 100. Il est toutefois plus élevé dans certaines régions, comme en Colombie-Britannique où l'intensité normalisée était de 7,4 p. 100 plus élevée que l'intensité réelle.

kWh/m² – La valeur de R² étant de 0,8, on constate une relation importante entre la superficie et la consommation. Quelle que soit la dimension des écoles, les intensités énergétiques varient considérablement de l'une à l'autre. Les données de l'Alberta, de la Saskatchewan et du Manitoba dépassent sensiblement la moyenne nationale. Le Québec, la Colombie-Britannique et les régions de l'Atlantique présentent les intensités moyennes les plus basses, indiquant probablement des écoles qui ont adopté des stratégies d'économie d'énergie dans ces régions. Toutefois, la faible intensité moyenne des régions de l'Atlantique peut être attribuable au peu de données simples. La Colombie-Britannique présente une valeur R² de 0,48 indiquant une relation plus faible entre énergie et superficie. La variation est plus accentuée dans les écoles de superficie supérieure à 8 500 m², comme on le constate à la figure 6. D'une part, plusieurs écoles de plus de 8 500 m² présentent des intensités très inférieures à la moyenne, suggérant des écoles considérablement plus efficaces que les autres, en raison peut-être de la

mise en application d'un programme de « stratégies idéales ». D'autre part, de nombreuses écoles indiquent des intensités moyennes dépassant nettement la moyenne nationale, peut-être attribuables à des stratégies inefficaces ou à l'offre de services inhabituels, comme des piscines.

\$/m² – La relation entre les coûts de l'énergie et la superficie est manquante (R² correspondant à 0,86). Bien que faible dans certaines régions, telles que la Colombie-Britannique (R² = 0,58) et l'Ontario (R² = 0,64), la relation est suffisamment évidente pour permettre de conclure que la superficie constitue une variable à incidence. Les coûts entre les différentes régions varient considérablement. Ainsi les Territoires, la Saskatchewan et le Manitoba présentent le coût le plus élevé par mètre carré, tandis que la Colombie-Britannique affiche le coût le plus faible. Ces écarts étaient prévisibles, puisque les tarifs de l'énergie varient d'une région à l'autre. Seuls les territoires ont une moyenne nettement différente de la moyenne nationale, présentant un coût par mètre carré beaucoup plus élevé que les autres régions. Toutefois, il n'y a aucun impact sur la moyenne nationale en raison du faible nombre d'écoles participantes. La relation entre le coût et la superficie (R² = 0,86) en ce qui a trait à l'intensité nationale est légèrement plus élevée que celle existant entre la consommation et la superficie (R² = 0,80), ce qui suggère que le coût par mètre carré, comparé à la consommation, soit plus stable dans l'ensemble du Canada.

kWh/élève – On a également démontré une faible interdépendance entre consommation et coût d'une part et nombre d'élèves. Comme les valeurs R² nationales pour la consommation et les coûts sont respectivement de 0,9 et de 0,6, on peut conclure que le nombre d'élèves constitue également une variable à incidence. Toutefois, un grand écart entre les régions a été constaté. La Saskatchewan présente la

donnée la plus faible avec une valeur R^2 de 0,36, alors que les autres régions affichent des résultats nettement plus élevés, allant jusqu'à 0,95 dans un cas. Quant à l'incidence du nombre d'élèves sur les coûts, les variations en valeurs R^2 sont plus importantes pour chaque région. La plupart des valeurs R^2 sont inférieures à 0,65, suggérant vraisemblablement que l'incidence du nombre d'élèves sur le coût soit moindre ou que des méthodes différentes ont été utilisées pour recenser les élèves.

3.3 Rendement énergétique entre écoles similaires

Afin d'aider les écoles à comparer leur rendement à celui d'autres écoles présentant des caractéristiques similaires, on a effectué une analyse complémentaire des données de l'étude nationale. Le climat, le type d'activités de l'école, ainsi que le nombre de bâtiments et leur âge sont des variables dont cette analyse tient compte en vue de déterminer laquelle a le plus d'incidence sur la consommation énergétique.

Il est à noter que la première recherche comprenait plus de variables reliées au regroupement d'écoles similaires, mais en raison du manque de données, il n'a pas été possible de tirer des conclusions précises. En conséquence, de nombreuses variables à incidence n'ont pas été prises en considération ou ont été mentionnées comme sous-variables (voir Section 3.4).

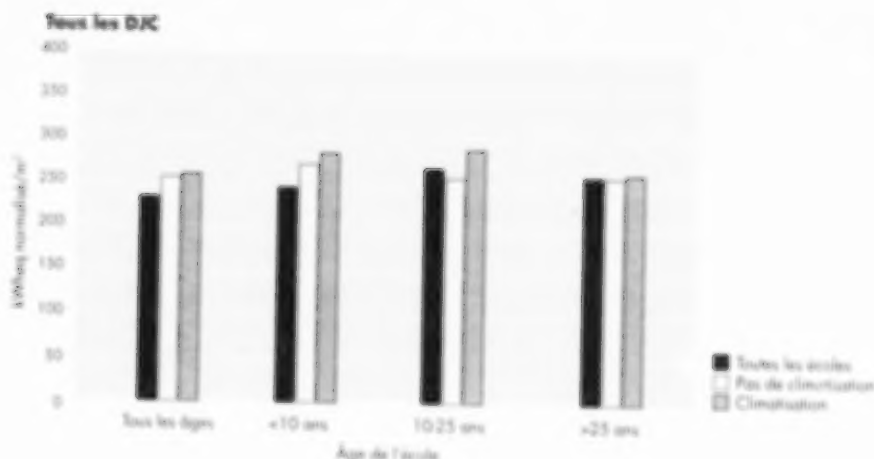
En fonction des données rassemblées, l'étude s'intéresse à trois variables afin de comparer les rendements énergétiques des écoles entre elles : DPC, âge de l'école et l'utilisation ou non de la climatisation. On n'a pas tenu compte du type d'écoles (p. ex. primaire ou secondaire), car les données énergétiques à l'échelle nationale ne présentent pas d'écart important (comme l'indique la section précédente).

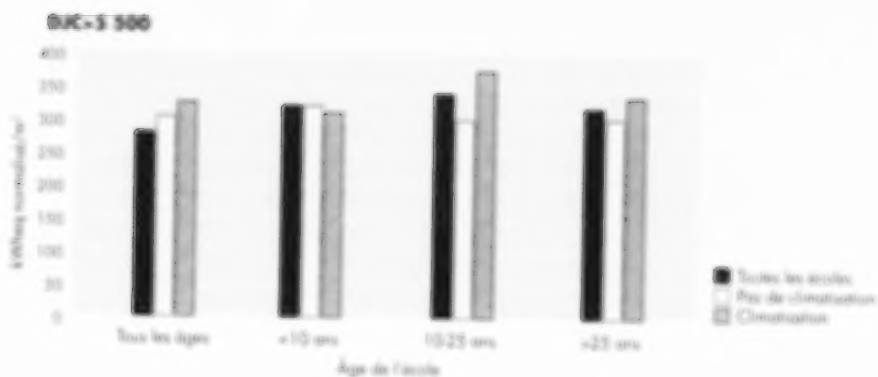
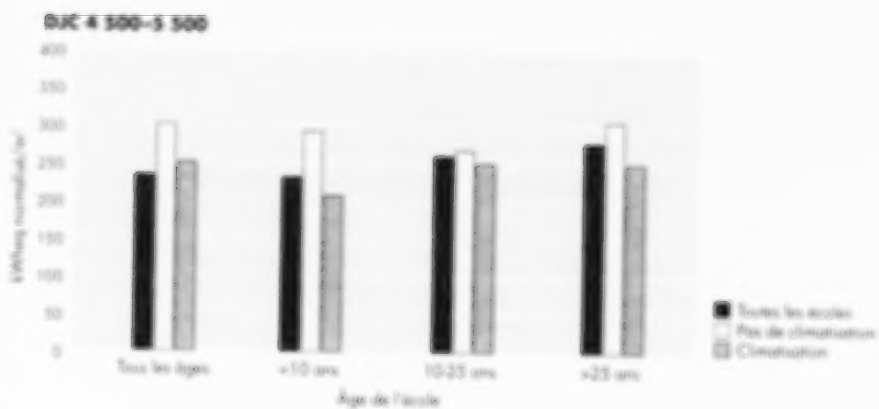
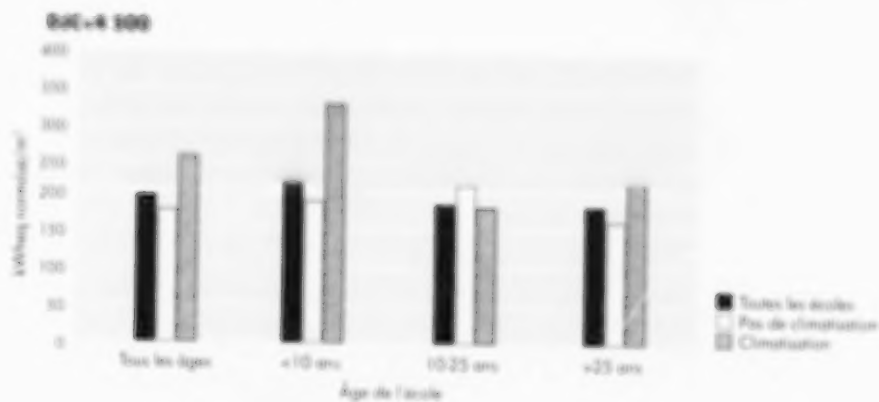
Les résultats sont regroupés dans les figures suivantes, les âges des écoles étant répartis en quatre catégories :

- tous les âges (comprenant des données, quel que soit l'âge, provenant de toutes les écoles, y compris celles du Québec);
- moins de 10 ans;
- de 10 à 25 ans;
- plus de 25 ans.

Pour calculer les moyennes des groupes d'âges précis, on n'a pas tenu compte des données provenant du Québec. En ce qui concerne chaque gamme de DPC et catégorie d'âges des écoles, les rendements moyens sont présentés de la façon suivante :

- toutes les écoles, qu'elles disposent d'un système de climatisation ou non;
- les écoles équipées d'un système de climatisation;
- les écoles sans système de climatisation.





Remarques :

- La mention « Toutes les écoles » englobe les écoles pour lesquelles il n'a pas été établi s'elles disposaient de systèmes de climatisation. Elle comprend les données de Québec.
- Les données de Québec sont exclues de l'analyse des sous-groupes d'âge précis.

Résultats et observations

En raison du peu de renseignements sur certaines variables, l'analyse complète n'a pas été possible. En conséquence, il ne faut considérer les conclusions suivantes qu'à titre indicatif. Les chiffres précédents indiquent les résultats des rendements d'intensité énergétique des diverses écoles semblables. Les données provenant du Québec sont incluses dans la catégorie « Tous les âges », mais exclues des autres sous-groupes d'âges, ainsi que des rendements où la climatisation représente un critère.

Malgré le faible nombre de données, on a effectué des observations préliminaires, notamment les suivantes :

- À mesure que les DJC augmentent, on constate un accroissement des intensités énergétiques moyennes ($\text{kWh}/\text{eq}/\text{m}^2$) passant de 195 pour les DJC $\leq 4\,500$ à 270 pour les DJC $> 5\,500$. Ainsi, on peut supposer que les régions les plus froides requièrent plus de chauffage, ce qui ferait augmenter la consommation.
- L'intensité la plus importante de $374 \text{ kWh}/\text{eq}/\text{m}^2$ se retrouve dans le groupe d'âges de 10 à 25 ans pour les DJC $> 5\,500$.
- De toute évidence, les écoles disposant d'un système de climatisation consomment plus d'énergie que celles qui n'en sont pas équipées, sauf dans la catégorie des DJC variant de $4\,500$ à $5\,500$. Les intensités des écoles disposant d'un système de climatisation sont supérieures de 1,5 à 4,3 p. 100 à celles des écoles sans climatisation. Les quelques cas où les intensités des écoles équipées d'un système de climatisation sont inférieures peuvent laisser entendre que ces écoles sont mieux gérées au point de vue énergétique.
- Pour tous les groupes de DJC, l'intensité normalisée est supérieure dans la catégorie des 10 à 25 ans. Ainsi, on peut supposer que les écoles les plus anciennes (> 25 ans) ont pu procéder à des rénovations en raison de l'équipement et des systèmes anciens. De cette façon, elles pourraient avoir augmenté leur efficacité énergétique.

3.4 Autres variables à incidence prises en considération

Dans le cadre de l'analyse, on a tenu compte de plusieurs autres variables à incidence, notamment la climatisation, la ventilation centrale, les bâtiments mobiles et les heures d'exploitation. En raison du manque de données, ces variables à incidence n'ont pas été incluses dans la comparaison avec des écoles similaires.

Ordinateurs

Au cours des dix dernières années, l'utilisation d'ordinateurs dans les écoles a fortement augmenté, entraînant un accroissement de la consommation énergétique et des dépenses financières. Le nombre d'ordinateurs par école varie de

10 à 100, chaque ordinateur pouvant consommer de 29 à 120 W et le coût pouvant varier de 10 à 30 \$ par an. Par conséquent, l'utilisation d'ordinateurs peut entraîner une augmentation de 5 p. 100 de la consommation et des coûts.

Climatisation

Dans les écoles canadiennes, l'utilisation de la climatisation est variable. Les écoles récentes disposent généralement de systèmes de climatisation centrale, mais les écoles plus vieilles n'en sont pour la plupart pas équipées. À partir des données, on estime qu'une école moyenne disposant d'un système de climatisation consomme un surplus d'énergie de 15 p. 100, soit 10 à 40 kWh/m^2 , par rapport aux écoles qui n'en sont pas équipées. Pour cette école, le coût de fonctionnement de ces équipements peut atteindre 1,30 à 2,50 \$/ m^2 .

Ventilation centrale

Les écoles disposent généralement d'un système de ventilation. Toutefois, alors que la plupart des écoles récentes sont équipées de systèmes de ventilation centrale, il n'en est pas ainsi pour les plus vieilles écoles. Il a été démontré que la ventilation centrale pouvait entraîner une augmentation de la consommation d'énergie de plus de 30 p. 100, soit 20 kWh/m^2 .

Bâtiments mobiles

Les salles de classe mobiles peuvent avoir une efficacité thermique inférieure à celle des structures permanentes et requièrent plus d'énergie de chauffage. La faible masse thermique peut également entraîner des apports de chaleur en été, rendant la climatisation nécessaire. La consommation d'énergie supplémentaire par unité de superficie, en particulier l'électricité, peut atteindre 20 p. 100 dans les campus comprenant des bâtiments mobiles. Les systèmes de ventilation indépendante avec réchauffage d'air au gaz ou à l'électricité pour installation sur toiture (rooftop) ainsi que les systèmes de refroidissement à détente directe ne disposent que de dispositifs de régulation de base. Dans ce genre de bâtiments, il faudrait déterminer l'utilisation réelle et établir un programme de contrôle et de suivi précis. Les dispositifs de régulation programmables pour les systèmes de chauffage ou de climatisation peuvent représenter un investissement rentable.

Piscines

Finalement, on a tenu compte de l'impact de la présence de piscines sur la consommation d'énergie. Comme seulement quelques écoles en possèdent, la comparaison des données de référence des écoles similaires n'inclut pas de groupe particulier pour les piscines. On a plutôt analysé l'impact de la présence de piscines. En fonction du nombre limité de données, il semble que les écoles avec piscines pourraient consommer un supplément de 15 à 25 p. 100 d'énergie par rapport à celles qui n'en possèdent pas.

3.5 Comparaison avec les exigences du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC)

Les écoles peuvent utiliser les exigences du PEBC pour établir une analyse comparative de leur rendement énergétique réel par rapport aux exemples de référence de leur région. Tel que mentionné dans la section 2.2, une exigence clé du PEBC établit que la consommation d'énergie d'un bâtiment doit être inférieure d'au moins 25 p. 100 à celle d'une construction similaire construite selon les normes du CMNEB. Cette quantité d'énergie utilisée devrait fournir un niveau global d'économies potentielles. Pour plus d'information sur les procédures d'analyse comparative selon les exigences du PEBC, voir les coordonnées des personnes-ressources au chapitre 7.

Chapitre 4. Comparaisons progressives de données de référence modèles

Le chapitre suivant est un exemple de l'usage qu'on peut faire de ce guide pour comparer les intensités moyennes pour une commission ou un conseil scolaire modèle (commission ou conseil scolaire A) et une école (école secondaire B). Leurs caractéristiques sont résumées aux figures 8 et 9 qui utilisent les modèles des figures 2 et 3. On y trouve des observations précisant le type d'analyse et les conclusions qui peuvent être tirées de cette comparaison.

Figure 8. Profil de la commission ou du conseil scolaire A

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou conseil scolaire (m ²)	200 000			
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire	20 000			
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh	20 000 000	20 000 000	1 500 000 \$
– Gaz naturel	m ³	2 500 000	25 833 000	460 000 \$
– Mazout	L			
– Autre (préciser)				
– Total			45 833 000	1 960 000 \$
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région	Ontario			
– Emplacement et région	Ontario			
– Moyenne des DJC sur 30 ans	4 174			
– DJC pour l'année en cause	4 025			
(voir coordonnées des personnes-ressources d'Environnement Canada au chapitre 7)				
5. Normaliser la consommation d'énergie pour les DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_c)]$	47 020 672			
6. Rendements de référence				
– kWheq réel/m ²	229			
– kWheq réel/élève	2 291			
– \$ réel/m ²	9,8			
– \$ réel/élève	98			
– kWheq normalisé/m ²	235			
– kWheq normalisé/élève	2 351			
7. À l'aide des figures 4 et 5 et des tableaux 2 et 3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				

Figure 9. Profil de l'école secondaire B

Étape	Valeur			
1. Superficie totale de la commission ou du conseil scolaire (m ²)	14 000			
2. Nombre total d'élèves de la commission ou du conseil scolaire	700			
3. Consommation et coûts annuels d'énergie	Unités	Valeur	kWheq	\$
– Électricité	kWh	1 300 000	1 300 000	95 000 \$
– Gaz naturel	m ³	115 000	1 188 333	23 000 \$
– Mazout		L		
– Autre (préciser)				
Total			2 488 333	118 000 \$
4. Degrés-jours de chauffage (DJC) et région				
– Emplacement et région	Ontario			
– Moyenne des DJC sur 30 ans	4 174			
– DJC pour l'année en cause	4 025			
[voir coordonnées des personnes ressources d'Environnement Canada dans le chapitre 7]				
5. Normaliser la consommation d'énergie pour les DJC				
$E_n = E_r \times [0,3 + 0,7 (DJC_{30}/DJC_r)]$	2 552 813			
6. Rendement de référence				
– kWheq réel/m ²	178			
– kWheq réel/élève	3 555			
– \$ réel/m ²	8,4			
– \$ réel/élève	168			
– kWheq normalisé/m ²	182			
– kWheq normalisé/élève	3 647			
7. À l'aide des figures 6 et 7 et des tableaux 4 et 5, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				
Comparaison avec des écoles similaires (Section 2.1.3)				
8. Âge de l'école (<10 ans, 10 à 25 ans, > 25 ans)	8 ans			
9. Climatisation (oui ou non)	Non			
10. À l'aide des figures de la section 3.3, comparer les rendements aux moyennes nationale et régionale.				

Points de référence des commissions ou conseils scolaires – Rendement moyen

Intensité	Référence	Moyenne de référence	Moyenne com. ou cons. sc. A	Écart (%)
Niveau national				
kWheq normalisé/m ²	figure 4	246	235	-4,5
kWheq normalisé/élève	tableau 2	3 170	2 351	-25,8
\$ réel/m ²	figure 5	8,8	9,8	+11,4
\$ réel/élève	tableau 3	116,6	98	-15,0
Niveau régional – Ontario				
kWheq normalisé/m ²	tableau 2	253	235	-7,1
kWheq normalisé/élève	tableau 2	3 506	2 351	-32,9
\$ réel/m ²	tableau 3	9,2	9,8	+6,5
\$ réel/élève	tableau 3	107,6	98	-8,9

Observations

Les intensités d'énergie de la commission ou du conseil scolaire A, dont la superficie constitue la principale variable à incidence, sont inférieures à la moyenne nationale et à celle de l'Ontario. Cela peut indiquer que la commission ou le conseil scolaire A est plus efficace que la moyenne des commissions ou conseils scolaires régionale et nationale. Quand on tient compte du nombre d'élèves, les intensités de la commission ou du conseil scolaire A sont inférieures de plus de 25 p. 100 aux moyennes nationale et régionale.

Cela peut signifier qu'il y a un nombre d'élèves plus important dans une commission ou un conseil scolaire donné que dans d'autres, tant au niveau national que régional. L'intensité des coûts (\$/m²) est supérieure de 11,4 p. 100 à la moyenne nationale, ce qui est relativement identique à la moyenne de l'Ontario. Par ailleurs, l'intensité du coût par élève est inférieure de 15 p. 100 aux moyennes.

Données de référence d'une école – Rendements moyens

Intensité	Référence	Moyenne de réf.	Moyenne école B	Écart (%)
Niveau national				
kWheq normalisé/m ²	figure 6	237	178	-24,9
kWheq normalisé/élève	tableau 4	3 095	3 555	+14,9
\$ réel/m ²	figure 7	9,3	8,4	-9,7
\$ réel/élève	tableau 5	122	168	+37,7
Niveau régional – Ontario				
kWheq normalisé/m ²	tableau 4	258	178	-31,0
kWheq normalisé/élève	tableau 4	3 237	3 555	+9,8
\$ réel/m ²	tableau 5	9,1	8,4	-7,7
\$ réel/élève	tableau 5	108	168	+55,5
Écoles similaires				
kWheq normalisé/m ² pour :	Section 3.3	187	178	-4,8
• DJC <4 500 • Âges <10 ans • Pas de climatisation				

Observations

La consommation d'énergie et les dépenses de l'école secondaire B sont de beaucoup inférieures aux moyennes (ou données de référence) nationale et régionale, l'écart étant d'environ 25 p. 100. De plus, l'intensité de consommation de l'école secondaire B est inférieure de 4,8 p. 100 à celle

d'autres écoles similaires (p. ex. DJC <4 500, groupe d'âges de moins de dix ans et pas de climatisation). Il est très probable que cette école emploie des « stratégies optimales ». Toutefois, cela ne signifie pas qu'il n'y a pas de possibilités pour des projets d'efficacité énergétique à l'école secondaire B.

Chapitre 5. Calcul des émissions de gaz à effet de serre (GES)

Les commissions ou conseils scolaires ont accepté de relever le défi national qui consiste à réduire les émissions de CO₂. Les établissements adhèrent aussi à titre individuel au programme Mesures volontaires et Registre du Défi-climat canadien (MVR inc.) afin d'enregistrer les réductions des émissions de CO₂. Cet engagement présente des avantages importants tant au niveau de la motivation que de la sensibilisation. Dans les établissements où l'on souhaite prouver une volonté d'atteindre les objectifs nationaux, on peut convertir les données de référence en équivalents CO₂ et voir comment elles s'intègrent dans le cadre national (en utilisant les facteurs de conversion appropriés).

On peut obtenir les facteurs de conversion et d'émissions standards auprès des fournisseurs de combustibles et dans d'autres sources de référence, comme dans le *Guide d'inscription 1999* du MVR inc. En général, les sociétés de distribution d'électricité qui utilisent un mélange de combustibles fossiles fournissent des facteurs de conversion annuels pour le mélange de combustibles utilisé pour fournir l'électricité qu'elles distribuent. Le rendement des commissions ou des conseils scolaires et des écoles considérées isolément peut être mesuré en termes d'émissions de CO₂, par le biais d'un système de contrôle et d'un suivi qui utilise des facteurs de conversion standard pour les combustibles fossiles et un facteur de correction annuelle pour l'électricité.

Pour calculer les émissions de GES, utilisez les formules suivantes :

Combustibles fossiles :

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$$

où

$$\text{CO}_2 = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE}$$

$$\text{CH}_4 = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE pour } \text{CH}_4 \times \text{FPRP pour } \text{CH}_4$$

$$\text{N}_2\text{O} = \text{Consommation de combustible} \times \text{FE pour } \text{N}_2\text{O} \times \text{FPRP pour } \text{N}_2\text{O}$$

Électricité (émissions indirectes) :

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2 + \text{CH}_4 + \text{N}_2\text{O}$$

où

$$\text{CO}_2 = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE}$$

$$\text{CH}_4 = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE pour } \text{CH}_4 \times \text{FPRP pour } \text{CH}_4$$

$$\text{N}_2\text{O} = \text{Consommation d'électricité} \times \text{FE pour } \text{N}_2\text{O} \times \text{FPRP pour } \text{N}_2\text{O}$$

Remarques

- FE = Facteur d'émission de la source d'énergie. On peut obtenir ces facteurs auprès de MVR inc. ou de l'OEE (voir le chapitre 6 pour les valeurs types et le chapitre 7 pour des références complémentaires).
- FPRP = Facteur potentiel de réchauffement planétaire; potentiel de réchauffement planétaire des différents GES par rapport à celui du CO₂. On peut obtenir les valeurs FPRP auprès de MVR inc. et les valeurs types dans le chapitre 6.

Émissions totales de CO₂

$$\text{CO}_2\text{e} = \text{CO}_2\text{e provenant de combustibles fossiles} + \text{CO}_2\text{e provenant de la production d'électricité}$$

Les outils ont été élaborés dans le but de calculer et de regrouper les émissions de CO₂. Pour plus d'information sur les facteurs d'émission et sur la manière d'obtenir les outils nécessaires pour calculer les émissions, voir le chapitre 7.

Chapitre 6. Facteurs de conversion, contenu énergétique, facteurs d'émissions de GES et degrés-jours de chauffage (DJC)

Facteurs de conversion

1 GJ (gigajoule)	=	1000	MJ (mégajoule)
	=	1 000 000 000	J (joule)
	=	277,8	kWh (kilowattheure)
	=	948 170	Btu (British Thermal Unit)
	=	9,48	Thermie
1 kWh (kilowattheure)	=	1000	Wh (wattheure)
	=	3,6	MJ
	=	0,0036	GJ
	=	3413,4	Btu
	=	0,034 13	Thermie
1 Btu (British Thermal Unit)	=	0,001	kBtu
	=	1 055	J
	=	0,001 05	MJ
	=	0,000 293	kWh
	=	0,000 01	Thermie

1 kg (kilogramme) de vapeur fournit 2 220 Btu ou 1 livre de vapeur fournit 1 000 Btu

Facteurs courants

1 livre	=	0,454	kg
1 t (tonne)	=	1 000	kg
1 m ³ (mètre cube)	=	1 000	L (litre)
1 gallon (impérial)	=	4,547	l
1 gallon US	=	3,785	l
1 pi ³ (pied cube)	=	0,028 317	m ³
1 T (téra)	=	1 000 000 000 000	
1 G (giga)	=	1 000 000 000	
1 M (méga)	=	1 000 000	

Contenus énergétiques

Type d'énergie		Contenu énergétique			
Electricité					
	- Hydro	3,60	MJ/kWh	3,60	
Gaz naturel		37,23	MJ/m ³	10,33	kWheq/m ³
Mazout					
	- Léger	38,68	MJ/L	10,74	kWheq/m ³
	- Lourd	41,73	MJ/L	11,59	kWheq/m ³
Propane (liquide)		25-53	GJ/m ³	6 944-14 722	kWheq/m ³
Charbon					
	- Anthracite	27,70	GJ/t	7 694	kWheq/t
	- Bitumineux	27,70	GJ/t	7 694	kWheq/t
	- Subbitumineux	18,80	GJ/t	5 222	kWheq/t
	- Lignite	14,40	GJ/t	4 000	kWheq/t
	- Utilisation domestique moyenne	22,20	GJ/t	6 167	kWheq/t
Produits du pétrole					
	- Essence automobile	34,66	GJ/m ³	9 628	kWheq/m ³
	- Kérosène	37,68	GJ/m ³	10 467	kWheq/m ³
	- Diesel	38,68	GJ/m ³	10 744	kWheq/m ³

Source : Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour, *Resources naturelles Canada*

L'exemple suivant explique comment convertir les formes d'énergie.

Question : Quelle quantité d'énergie produiront 1 000 m³ de gaz ?

Ex. : 1 000 m³ de gaz naturel = ? en GJ et ? en kWh

Étape 1. Déterminer le contenu énergétique (p. ex. quelle quantité d'énergie produit un mètre cube de gaz naturel ?).

- Voir la rubrique Facteurs de contenu énergétique.
- Pour le gaz naturel : 1 m³ produit 37,2 MJ ou 10,33 kWheq d'énergie.

Étape 2. Calculer le contenu énergétique pour la quantité de gaz naturel utilisée.

- Énergie = 1 000 m³ × 37,2 MJ/m³ ou
1 000 m³ × 10,33 kWheq/m³
- Énergie = 37 200 MJ ou 10 330 kWheq

En conséquence, 1 000 m³ de gaz naturel produisent 37 200 MJ ou 37,2 GJ ou 10 330 kWheq d'énergie.

Facteurs d'émissions de GES

Potentiel de réchauffement planétaire	
GES	Potentiel de réchauffement planétaire sur 100 ans
Dioxyde de carbone (CO ₂)	1
Méthane (CH ₄)	21
Oxyde nitreux (N ₂ O)	310

Facteurs d'émissions de GES			
Combustible	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Gaz naturel	1 880 g/m ³	0,043 g/m ³ (commercial)	0,02 g/m ³
Mazout léger	2 830 g/L	0,026 g/L (commercial)	0,013 g/L
Mazout lourd	3 090 g/L	0,060 g/L (commercial)	0,013 g/L

Moyenne régionale de 1998 des émissions de CO₂ par unité d'électricité produite

Région (t/TJ)	CO ₂ (t/TJ)	N ₂ O (t/TJ)	CH ₄ (t/TJ)
Terre-Neuve et Labrador	6,2	0,010 199 0	0,000 174 0
Île-du-Prince-Édouard	137,9	0,461 084 0	0,008 899 0
Nouvelle-Écosse	204,5	1,116 943 0	0,022 437 0
Nouveau-Brunswick	137,9	0,461 084 0	0,008 899 0
Québec	2,5	0,000 034 4	0,000 010 4
Ontario	65,2	0,001 312 2	0,000 387 7
Manitoba	8,2	0,000 249 5	0,000 075 4
Saskatchewan	231,7	0,008 302 3	0,002 484 2
Alberta	252,1	0,006 868 3	0,002 047 2
Colombie-Britannique	7,4	0,000 103 2	0,000 027 3
Tous les territoires	98,5	0,012 117 8	0,004 014 0
Facteur de moyenne canadienne	61,3	0,001 474 1	0,000 438 3

Sources :

- *Guide d'inscription 1999*, Mesures volontaires et Registre inc. du Défi-climat canadien (MVR inc.).
- *Perspectives des émissions du Canada* : une mise à jour pour 2010 fondée sur des faits, Ressources naturelles Canada.
- *Division de l'analyse et de l'élaboration de la politique de la demande*, Office de l'efficacité énergétique, Ressources naturelles Canada.

Remarques :

- Des méthodes plus complètes pour calculer les émissions de CO₂ sont décrites dans la feuille de calcul intitulée « Calculs de CO₂ — Version 2 » (voir références au chapitre 7). Celle-ci comprend des modèles et des formules préétablies facilitant le calcul.
- Plusieurs méthodes permettent de déterminer les émissions de CO₂ provenant de l'électricité. Les facteurs fournis représentent une de ces nombreuses méthodes.

Degrés-jours de chauffage (DJC) – Moyennes de 1961 à 1990

Extrait du Centre météorologique canadien (CMC) dans le site Web d'Environnement Canada
à l'adresse : <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/normals/eprovndx.htm>

ALBERTA							
Calgary	5 195	Edson	5 895	Jasper	4 647	Red Deer	5 762
Banff	5 514	Fort McMurray	6 529	Lethbridge	4 672	Vermilion	6 154
Edmonton Inter.	5 827	Grande Prairie	6 010	Medicine Hat	4 752		
QUÉBEC							
Baguville	5 839	Kuujuaupik	8 230	Natashquan	6 160	Sherbrooke	5 176
Baie-Comeau	6 030	Mont-Joli	5 492	Québec	5 208	Saint-Hubert	4 619
Inukjuak	9 063	Montréal	4 575	Schefferville	8 396	Val-d'Or	6 206
NOUVEAU-BRUNSWICK							
Charlo	5 514	Fredericton	4 794	Saint John	4 817		
Chatham	5 008	Moncton	4 833				
COLOMBIE-BRITANNIQUE							
Abbotsford	3 093	Cranbrook	4 650	Kelowna	3 974	Prince George	5 241
Agassiz	2 944	Dawson Creek	6 063	McInnes Island	3 435	Prince Rupert	4 050
Blue River	5 045	Fort Nelson	6 995	Merry Island	2 766	Princeton	4 453
Bonilla Island	3 575	Hope	3 101	Nanaimo	3 147	Vancouver Inter.	3 002
Comox	3 142	Kamloops	3 659	Penticton	3 469	Victoria Inter.	3 109
ONTARIO							
Hamilton	4 054	North Bay	5 363	Sault Ste. Marie	5 097	Timmins	6 208
Kenora	5 852	Ottawa Inter.	4 688	Simcoe	4 018	Île de Toronto	3 813
Kingston	4 308	Peterborough	4 560	Sioux Lookout	6 219	Toronto Pearson Inter.	4 174
Muskoka	4 936	Sarnia	3 928	Sudbury	5 407	Waterloo	4 335
Thunder Bay	5 749	Windsor	3 615				
NOUVELLE-ÉCOSSE							
Greenwood	4 285	Île de Sable	3 857	Sydney	4 636		
Halifax Inter.	4 421	Shearwater	4 254	Yarmouth	4 106		
SASKATCHEWAN							
Broadview	6 003	Prince Albert	6 437	Saskatoon	5 944	Uranium City	7 857
Moose Jaw	5 345	Regina	5 756	Swift Current	5 415	Wynyard	6 068
MANITOBA							
Bissett	6 216	Churchill	9 177	Grand Rapids	6 510	Thompson	7 824
Brandon	6 025	Flin Flon	6 809	Morden	5 468	Winnipeg Inter.	5 874
ÎLE-DU-PRINCE-ÉDOUARD							
Charlottetown	4 748	Summerside	4 655				
TERRE-NEUVE							
Battle Harbour	6 455	Churchill Falls	7 850	Gander Inter.	5 164	Port aux Basques	5 046
Bonavista	4 936	Comfort Cove	5 230	St. John's	4 865	Stephenville	4 889
YUKON							
Watson Lake	7 725	Whitehorse	6 947				
TERRITOIRES DU NORD-OUEST							
Fort Simpson	7 976	Inuvik	10 040	Yellowknife	8 477		
NUNAVUT							
Iqaluit	10 050						

Chapitre 7. Ressources

On peut trouver de l'information complémentaire dans les sources suivantes :

Office de l'efficacité énergétique et autres ressources de RNCan

- *Guide des stratégies optimales à l'intention des gestionnaires d'établissements scolaires*
- *Guide d'analyse comparative administrative à l'intention des agents des finances scolaires*
- Ateliers - Le gros bon Sens - :
 - Un Plan d'action énergétique
 - Gérance énergétique (suivi et gestion des résultats)
 - Découvrir les occasions d'économiser l'énergie
- Directives et modèle relatifs au Plan d'action pour la gestion de l'énergie
- Feuille de calcul - Calculs du CO₂ - Version 2 -
- Série sur la gestion de l'énergie (nombreux documents techniques portant sur la vérification, les chaudières, la facture énergétique, les compresseurs, l'éclairage, etc.)
- Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux (PEBC) et *Directives techniques du Programme d'encouragement pour les bâtiments commerciaux se rapportant au Code modèle national de l'énergie pour les bâtiments (CMNEB)* (voir le site Web à <http://oee.mcan.gc.ca/pebc>)
- On peut se procurer le CMNEB et *Conformité des bâtiments par la méthode de performance* à l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada (CNRC). Pour commander, composer le 1 800 672-7990 (sans frais) ou, dans la région de la capitale nationale, le (613) 993-2463. Téléc. : (613) 952-7673.
- *Perspectives des émissions du Canada : Une mise à jour*. Analyse et groupe de modélisation, Processus national sur le changement climatique 1999
- Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables (PENSER) (voir le site Web à http://trm1.mcan.gc.ca:80/es/erfb/reed/progdesc_f.htm)

Ces ressources, ainsi que les autres publications, sont disponibles par le biais de l'Initiative des Innovateurs énergétiques de l'OEE de RNCan à l'adresse suivante :

Initiative des Innovateurs énergétiques
Office de l'efficacité énergétique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 18^e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Tél. : (613) 995-6950
Téléc. : (613) 947-4121
Site Web : <http://oee.mcan.gc.ca>

Ressources de l'extérieur et publications

- Environnement Canada
Centre météorologique canadien (CMC)
Service des produits climatiques et hydrologiques
4905, rue Dufferin
Downsview (Ontario) M3H 5T4
Tél. : (416) 739-4328
Téléc. : 739-4446
Courriel : Climate.Services@ec.gc.ca
Site Web : <http://www.cmc.ec.gc.ca/climate/>
- Association canadienne des commissions/conseils scolaires
Chris Noyes, coordonnateur de projet
Initiative des Innovateurs énergétiques
Tél. : (613) 235-3724
Téléc. : (613) 238-0434
Courriel : chris@cdnsba.org
- Agence de l'efficacité énergétique du Québec
Luc Lamontagne, analyste
Tél. : (418) 627-6379, poste 8032
Téléc. : (418) 643-5828
Courriel : luc.lamontagne@aec.gouv.qc.ca
- Ministère de l'Éducation du Québec
Michel Parent, ing.
Direction des équipements scolaires
Direction générale du financement et des équipements
Tél. : (418) 644-2525
Téléc. : (418) 643-9224
Courriel : michel.parent@meq.gouv.qc.ca
- Mesures volontaires et Registre inc. (MVR inc.)
du Défi-climat canadien
Tél. : (613) 565-5151
Téléc. : (613) 565-5743
Site Web : <http://vcr-mvr.ca/>

- **EcoGESTe**
 Roberte Robert, ing.
 Directrice du Programme EcoGESTe
 Bureau d'enregistrement des mesures volontaires
 sur les changements climatiques
 Tél. : (418) 521-3950, poste 4907
 Téléc. : (418) 646-4320
 Courriel : ecogeste@mef.gouv.qc.ca

- **Centre international d'intervention pour l'analyse et la diffusion des technologies énergétiques démontrées (CADDET)**
 Cet organisme est une initiative de l'Agence internationale de l'énergie (AIE).
 Michel Lamanque
 Coordonnateur des technologies
 Ressources naturelles Canada
 Tél. : (613) 947-3812
 Téléc. : (613) 947-1016
 Courriel : mlamanque@rncan.gc.ca

- **ETSU, AEA Technology PLC, Harwell, Royaume-Uni**
 Tél. : +44 1235 436747
 Téléc. : +44 1235 433066
 Courriel : etsuenerg@aeat.co.uk
 Site Web : <http://www.energy-efficiency.gov.uk>

- **BRECSU, BRE Ltd., Garston, Watford, Royaume-Uni**
 Tél. : +44 1923 664258
 Téléc. : +44 1923 664787
 Courriel : brecsueneg@bre.co.uk
 Site Web : <http://www.energy-efficiency.gov.uk>



Office de l'efficacité énergétique
Office of Energy Efficiency

Engager les Canadiens sur la voie de l'efficacité énergétique à la maison, au travail et sur la route

L'Office de l'efficacité énergétique de Ressources naturelles Canada est un organisme dynamique qui a pour mandat de renouveler, de renforcer et d'élargir l'engagement du Canada envers l'efficacité énergétique afin d'aider à relever les défis posés par les changements climatiques.